APPLIED MECHANICS

PART III

P. E. CHICGUR

ક્રિયાત્મક યંત્રશાસ્ત્ર

(એપ્લાઈડ મીકેનીક્સ)

ભાગ ૩જો

પી. ઈ. ચીકગુર

APPLIED MECHANICS

For the use of Students in Technical Schools, and for Engineering Apprentices, Foremen, and Engineers generally.

PART - III.

BY

PIROJSHAW EDALJI CHICHGUR,

A. M. I. Mech. E. (Lond), A. M. I. E. (Ind.),

Superintendent, The F. S. Parekh Technical Institute, Surat.

Formerly Head Master, The J. N. Tata Technical School, Navsari.

Author of " Applied Mechanics Parts I and II " in Gujarati and " A Guide to Engineers' Examinations " in English.

PRINTED BY VAJERAM MANSINGH
AT THE "SURAT CITY" PRINTING PRESS,
NEAR CHAUTA BRIDGE, SURAT,
&
PUBLISHED BY:
PIROJSHAW EDALJI CHICHGUR
At the F. S. Parekh Technical Institute, Soni Falia, SURAT.



પીરોજશા એદલજી ચીચગર

એ. એમ. આઇ. એમ. ઇ. (લન્ડન),

એ. એમ. આઇ. ઇ. (ઇન્ડીઆ).

ક્રિયાગત યંત્રશાસ્ત્ર

(એપ્લાઈડ મીકેનીકસ)

ટેકનીકલ સ્કુલો માટે તેમજ મીલ અને કારખાનામાં
કામ કરતા એન્જીનીયરીંગ એપ્રેન્ટીસ, ફોરમેન,
અને એન્જીનીયરો માટે ઉપયોગી પુસ્તક.

ભાગ-૩જો.

કર્તા

પીરોજશા એદલજી ચીચગર,

એ. એમ. આઈ. મીકેનીકલ. ઇ. (લન્ડન),

એ. એમ. આઈ. ઈ. (ઇન્ડીઆ).

સુપ્રીન્ટેન્ડન્ટ, ધી એફ. એસ. પારેખ ટેકનીકલ ઇન્સ્ટીટ્યુટ, સુરત,

આગલા હેડ માસ્તર, ધી જે. એન. તાતા ટેકનીકલ સ્કુલ,

નવસારી.

"એપ્લાઇડ મીકેનીકસ ભાગ ૧લો અને ૨જો" (ગુજરાતીમાં)
અને "એ ગાઈડ ટુ એન્જીનીયર્સ એક્ઝામીનેશન્સ"
(અંગ્રેજીમાં) ના કર્તા.

આ કર્તાએ પ્રસિદ્ધ કરેલાં બીજાં પુસ્તકો.

ક્રિયાગત યંત્રશાસ્ત્ર (એપ્લાઇડ મીકેનીક્સ)

ભાગ ૧લો (ગુજરાતી ભાષામાં),

૧૦૯ આકૃતિઓ સાથે, કિંમત રૂા. ૨-૧૨-૦.

ક્રિયાગત યંત્રશાસ્ત્ર (એપ્લાઇડ મીકેનીક્સ)

ભાગ ૨જો (ગુજરાતી ભાષામાં),

૯૪ આકૃતિઓ સાથે, કિંમત રૂા. ૩-૮-૦.

ગાઇડ ટુ એન્જીનીયર્સ એકઝામીનેશન્સ

૧૯૨૪ના ઓમ્બે બોયલર રૂલ્સની સેકન્ડ;

અને ફર્સ્ટ કલાસ એન્જીનીયરની પરિક્ષા

માટેનું ઉપયોગી પુસ્તક (અંગ્રેજી ભાષામાં),

કિંમત રૂા. ૩-૦-૦.

પ્રસ્તાવના

ટેક્નીકલ સ્કુલોમાં અભ્યાસ કરતા વિદ્યાર્થીઓ અને મીલો તથા કારખાનામાં કામ કરતા એપ્રેન્ટીસો માટે એપ્લાઇડ મીકેનીક્સ (ક્રિયાગત યંત્રશાસ્ત્ર)નો વિષય અગત્યનો હોવાથી અને એ વિષયને લગતું કોઈ પણ પુસ્તક ગુજરાતી ભાષામાં ન હોવાથી એવા વિદ્યાર્થીઓ અને એપ્રેન્ટીસોને એ વિષય શીખવામાં ઘણી મુશ્કેલી માલમ પડતી આ પુસ્તકના કર્તાએ અનુભવી છે. આ મુશ્કેલી દુર કરવાના હેતુથી કર્તાએ આ વિષયને લગતું પુસ્તક ગુજરાતી ભાષામાં તૈયાર કરવાનો પ્રયત્ન કર્યો છે.

મુંબઈ ઇલાકાની કમીટી ઓફ ડાયરેક્શન ફોર ટેક્નીકલ એજ્યુકેશને નક્કી કરેલા આ વિષયના ત્રણ વર્ષના ક્રમ (કોર્સ) મુજબ એપ્લાઇડ મીકેનીક્સનાં આખાં પુસ્તકને ત્રણ ભાગમાં વહેંચી દરેક ભાગ છુટો પ્રગટ કરવાની ધારણા રાખવામાં આવી હતી તે મુજબ પહેલા અને બીજા ભાગનાં પુસ્તકો પ્રગટ કરવામાં આવ્યાં છે, અને હાલમાં આ ત્રીજા ભાગનું પુસ્તક પ્રગટ કરવામાં આવ્યું છે. આ ત્રીજા ભાગનાં પુસ્તકથી એપ્લાઇડ મીકેનીક્સના વિષયનું પુસ્તક સંપૂર્ણ થાય છે. આ પુસ્તકમાં મુંબઈ ઇલાકાની કમીટી ઓફ ડાયરેક્શન ફોર ટેક્નીકલ એજ્યુકેશને નક્કી કરેલા ત્રીજા વર્ષના ક્રમ (કોર્સ)નો સમાવેશ કરવામાં આવ્યો છે.

આ પુસ્તકમાં પણ પહેલા અને બીજા ભાગનાં પુસ્તક પ્રમાણે એપ્લાઇડ મીકેનીક્સને લગતા શાસ્ત્રિય નિયમો વ્યવહારમાં કેવી રીતે લાગુ પડે છે તે દરેક પ્રકરણમાં ગણેલા નમુનાના દાખલાઓની સંખ્યા જેમ બને તેમ વધુ પ્રમાણમાં આપી સ્પષ્ટ સમજાવવાનો પ્રયત્ન કરવામાં આવ્યો છે. વળી દરેક પ્રકરણને છેડે વ્યવહારમાં ઉપયોગી થઈ પડે એવા દાખલાઓ જેમ બને તેમ વધુ સંખ્યામાં આપવામાં આવ્યા છે જેથી વિદ્યાર્થીઓને પોતાની મેળે ઘરે અથવા વર્ગમાં ગણવાનું સવળ થઈ પડે.

ગુજરાતી ભાષામાં એન્જીનીયરીંગ અને ટેકનીકલ વિષયોને લગતા ખાસ શબ્દોની ખૂટ હોવાના સબબે અને એન્જીનીયરીંગ લાઇનમાં એવા અંગ્રેજી ભાષાનાજ શબ્દોનો પ્રચાર હોવાથી આ પુસ્તકમાં કર્તાને તેવા અંગ્રેજી ભાષાના શબ્દો વાપરવાની ફરજ પડી છે.

પહેલા અને બીજા ભાગનાં પુસ્તકો પ્રગટ કરવાનાં કામમાં કમીટી ઓફ ડાયરેક્શ ફોર ટેકનીકલ એજ્યુકેશન અને તેના સેક્રેટરી સાહેબ તરફથી અને મુંબઈ ઇલાકાનાં કેળવણીખાતાના મે. ડાયરેક્ટર સાહેબ તરફથી જેવી રીતે મને ઉત્તેજન અને મદદ મળી હતી તેવીજ રીતે આ ત્રીજા ભાગનું પુસ્તક પ્રગટ કરવામાં પણ તેમના તરફથી ઉત્તેજન અને મદદ મને આપવામાં આવી છે જે માટે મુંબઈ ઇલાકાની કમીટી ઓફ ડાયરેક્શ ફોર ટેકનીકલ એજ્યુકેશન તથા તેના સેક્રેટરી સાહેબનો અને મુંબઈ ઇલાકાના કેળવણીખાતાના ડાયરેક્ટર સાહેબનો આ તકે ખાસ આભાર માનું છું.

વળી આ પુસ્તક રચવામાં કર્તાએ મેસર્સ જેમીસન, ક્રાયર અને જોરડન, લો, ડંકન, લાઇનહામ, પુલ, વિગેરે લેખકોનાં પુસ્તકોની મદદ લીધી છે, જે માટે તેમનો તથા તેમનાં પુસ્તકોના પ્રગટ કર્તાઓનો આભારી છું.

આ પુસ્તકમાં આવેલી આકૃતિઓના બ્લોક બનાવવા માટેનાં ડ્રોઇંગો મારી સુચના મુજબ તૈયાર કરવામાં તેમજ દરેક પ્રકરણને છેડે આપેલી એક્સર્સાઇઝના દાખલાઓના જવાબો શોધવામાં મને મદદ આપવા માટે પારેખ ટેકનીકલ ઇન્સ્ટીટ્યુટના ડ્રોઇંગ ટીચર મી. દેવશંકર વી. ભટનો અને મેથેમેટીક્સ ટીચર મી. મગનલાલ કે. ઓઝનો આભાર માનું છું.

આ પુસ્તકમાં દાખલાઓની સંખ્યા વિશેષ હોવાથી દાખલાના જવાબોમાં નજર ચુકથી થયલી કાંઇક ભૂલો વાંચનારને જણાશે, જે તરફ કર્તાનું ધ્યાન ખેંચવામાં આવશે તો ઉપકાર સહિત તેનો સ્વીકાર કરવામાં આવશે.

પારેખ ટેકનીકલ ઇન્સ્ટીટ્યુટ,
સુરત, તા. ૯મી માર્ચ ૧૯૩૧. } **પીરોજશા એ. ચીચગર.**

અનુક્રમણિકા

પ્રકરણ ૧લું

વેગ. પ્રવેગ (એક્સેલરેશન). જડત્વ. વેગમાન. ન્યુટનના ગતિના નિયમો.

પૃષ્ઠ

પ્રકરણ ૨જું

બદ્ધ શક્તિ (પોતેન્શીઅલ એનર્જી). વેગીય શક્તિ (કાઇનેટીક એનર્જી).

પ્રકરણ ૩જું

ઉન્મધ્યપ્રેરક બળ એટલે સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ.

પૃષ્ઠ

પ્રકરણ ૭મું

બીમ્સ.

૫૪

પ્રકરણ ૮મું

હાઇડ્રોલીકસ એટલે દ્રવ્ય શાસ્ત્ર. ફ્લુઇડસ એટલે દ્રવ્ય પદાર્થ. વિશ્રામ સ્થિતિએ પ્રવાહીને લગતા સિદ્ધાંત. હેડ એટલે શિરદાબ. પ્રવાહીથી ભરેલાં વાસણનાં તળીયાં અને બાજુઓ ઉપરનાં દબાણ. પ્રેરણ મધ્યબિંદુ. આર્કિમીડીસનો નિયમ. તરતા પદાર્થો. વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ.

ક્રિયાગત યંત્રશાસ્ત્ર
(એપ્લાઈડ મીકેનીકસ)
ભાગ ત્રીજો

પ્રકરણ ૧લું

વેગ (વેલોસીટી). વેગ વૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ (એકસેલરેશન). જડત્વ (ઇનર્શીઆ). વેગમાન (મોમેન્ટમ). ન્યુટનના ગતિના નિયમો.

વેગ (વેલોસીટી velocity).—જે ઝડપે એક પદાર્થ ચાલે છે તે ઝડપ અથવા વેગને તે પદાર્થની " વેલોસીટી " એટલે " વેગ " કહે છે.

સમવેગ (યુનીફોર્મ વેલોસીટી uniform velocity).—જ્યારે ગતિની ઝડપમાં ફેરફાર થતો નથી એટલે જ્યારે પદાર્થ વખતના સરખા ગાળામાં સરખે અંતરે ચાલે છે ત્યારે તે ઝડપ સમાન છે એમ કહેવાય છે અને તે વેળાએ બીજા ભાગનાં પહેલાં પ્રકરણમાં સમજાવ્યા પ્રમાણે દર સેકન્ડે સમવેગ (યુનીફોર્મ વેલોસીટી) $= v = \frac{S}{t}$ છે, અને $S = v \times t$ છે, એમાં $S =$ પસાર થતું અંતર ફુટમાં અને $t =$ વખત સેકન્ડમાં છે. દાખલા તરીકે, એક પદાર્થ ૬ સેકન્ડમાં ૭૨ ફુટનું અંતર પસાર કરે છે, તો દર સેકન્ડે ફુટમાં વેગ એટલે વેલોસીટી $v = \frac{S}{t} = \frac{૭૨}{૬} =$ ૧૨ ફુટ છે. તેજ પ્રમાણે જો એક પદાર્થ દર

સેકન્ડે ૯ ફુટના સમ વેગે ચાલે તેા ૭ સેકન્ડમાં પસાર થતું અંતર = S = v × t = ૯ × ૭ = ૬૩ ફુટ છે.

અસમ વેગ (વેરીએબલ વેલેાસીટી variable velocity).—જ્યારે ગતિની ઝડપમાં ફેરફાર થાય છે એટલે જ્યારે પદાર્થ વખતના સરખા ગાળામાં અસમાન અંતરે ચાલે છે ત્યારે તે ઝડપને અસમ વેગ (વેરીએબલ વેલેાસીટી) કહે છે. દાખલા તરીકે, જ્યારે આપણે એક પથ્થર હવામાં ઉંચે ફેંકીએ છીએ ત્યારે તે પથ્થર ધીમે ધીમે ઓછી થતી ઝડપે ઉંચે ચઢે છે અને ધીમે ધીમે વધતી ઝડપે નીચે પડે છે. આ વેળાએ ગતિની ઝડપ સરેરાશ લેવામાં આવે છે.

વેગવૃદ્ધિ અથવા **પ્રવેગ (એકસેલરેશન acceleration).**– જ્યારે એક પદાર્થ અસમ વેગે એટલે ફેરફાર થતી ઝડપે (વેરીએબલ વેલેાસીટીએ) ચાલે છે ત્યારે તેની ઝડપમાં જે દરે અથવા ઝડપે ફેરફાર થાય છે તે ઝડપ અથવા દરને તે પદાર્થની વેગવૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ એટલે "એકસેલરેશન" કહે છે. જો પદાર્થની ગતિની ઝડપ વધતી જતી હેાય (કે જેમ કેાઈ ઉંચા મિનારા ઉપરથી કેાઈ પદાર્થને નીચે નાંખવામાં આવે ત્યારે તે પદાર્થ ધીમે ધીમે વધતી જતી ઝડપે નીચે પડે છે), તેા જે ઝડપે અથવા દરે તે પદાર્થની ઝડપ વધતી જતી હેાય તે ઝડપની વૃદ્ધિને "પોઝીટીવ એકસેલરેશન" કહે છે અને તે દર્શાવવા માટે તેની આગળ વત્તા (+)નું ચિન્હ લખવામાં આવે છે. જો પદાર્થની ઝડપ ઘટતી જતી હેાય (કે જેમ નીચેથી કેાઈ પદાર્થને ઉંચે ફેંકવામાં આવે ત્યારે તે પદાર્થ ધીમે ધીમે ઘટતી જતી ઝડપે ઉંચે ચઢે છે), તેા જે ઝડપે અથવા દરે તે પદાર્થનેા વેગ ઘટતેા જતેા હેાય તે વેગના ઘટાડાને "નેગેટીવ એકસેલરેશન" કહે છે અને તે દર્શાવવા માટે તેની આગળ ઓછા (–)નું ચિન્હ લખવામાં આવે છે. આ નેગેટીવ એકસેલરેશનને કેાઈ કેાઈ વાર "રીટાર્ડેશન" (retardation) પણ કહેવામાં આવે છે,

વેગવૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ એટલે એક્સેલરેશનનો એકમ.— વેગ વૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ એટલે એક્સેલરેશન સમ અથવા અસમ હોય છે. સમ પ્રવેગ એટલે યુનીફોર્મ એક્સેલરેશનનો એકમ "એક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડે એક ફુટ" છે એટલે સમ પ્રવેગ (યુનીફોર્મ એક્સેલરેશન)ને દરેક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડે ફુટમાં માપવામાં આવે છે.

દાખલા તરીકે, એક પદાર્થ પોતાની સ્થાઇ સ્થિતિ ઉપરથી ચાલવા માંડે અને તેના વેગમાં એક સરખી રીતે વધારો થતો જાય, બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો પ્રવેગ (એક્સેલરેશન) સમ હોય, અને ધારો કે, a = એક્સેલરેશન એટલે પ્રવેગ, અને v = t સેકન્ડને અંતે વેગ એટલે વેલોસીટી હોય, ત્યારે,

$$\underline{v = a\,t} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (૧).$$

ચાલવાની ક્રિયાની શરૂઆતમાં વેલોસીટી એટલે વેગ = ૦ છે, કારણ કે શરૂઆતમાં તે પદાર્થ સ્થાઈ સ્થિતિએ હોય છે, અને અંતે વેલોસીટી એટલે વેગ = v છે, માટે

$$\text{સરેરાશ વેગ (વેલોસીટી)} = \frac{0 + v}{૨} = \frac{v}{૨}.$$

$$\therefore \text{ સરેરાશ વેગ (વેલોસીટી)} = \frac{v}{૨} = \frac{a\,t}{૨},$$

$$\text{અને પસાર થયલું અંતર} = S = \frac{v}{૨} \times t$$

$$\underline{S = \tfrac{1}{2}\,v\,t} \quad \dots \quad (૨).$$

$$\text{વળી પસાર થયલું અંતર} = S = \frac{a\,t}{૨} \times t$$

$$\underline{\therefore\ S = \tfrac{1}{2}\,a\,t^2} \quad \dots \quad (૩).$$

વળી $v = a\,t$ છે, તેટલા માટે $t = \frac{v}{a}$ છે,

અને, $S = \frac{1}{2}\,a\,t^2$ છે,

$$\therefore \quad S = \tfrac{1}{2}\,a\left(\frac{v}{a}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2} a \times \frac{v^2}{a^2} = \frac{1}{2} a \times \frac{v^2}{a \times a}$$

$$S = \frac{v^2}{2a}$$

$$\therefore \quad v^2 = 2\, a\, s \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (4)$$

જો તે પદાર્થની શરૂઆતની વેલોસીટી એટલે વેગ દર સેકન્ડે v_1 હોય, અને t સેકન્ડને અંતે છેવટની વેલોસીટી એટલે વેગ દર સેકન્ડે v_2 હોય, તો t સેકન્ડમાં વેગનો વધારો$=v_2 - v_1$ છે, ત્યારે

$$v_2 - v_1 = a\, t \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (5)$$

∴ એક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડે પ્રવેગ એટલે એક્સેલરેશન

$a = \frac{v_2 - v_1}{t}$ ફુટ, અને $v_2 = v_1 + at \quad \dots \quad \dots \quad (6)$

સરેરાશ વેગ (વેલોસીટી) $= \frac{v_1 + v_2}{2}$, અને પસાર થયલું અંતર $= S =$ સરેરાશ વેલોસીટી $\times$ t

$$\therefore S = \left(\frac{v_1 + v_2}{2}\right) \times t \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (7)$$

પણ $v_2 = v_1 + a\, t$ છે, માટે

$$S = \left(\frac{v_1 + v_1 + a\, t}{2}\right) \times t$$

$$= \left(\frac{2v_1}{2} + \frac{a\, t}{2}\right) \times t$$

$$S = v_1\, t + \frac{1}{2} a\, t^2 \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (8)$$

$v_2 - v_1 = a\, t$ છે, માટે $t = \frac{v_2 - v_1}{a}$ છે,

અને $S = \frac{v_1 + v_2}{2} \times t$ છે, માટે $t = \frac{v_2 - v_1}{a}$ લેતાં

$$S = \frac{v_2 + v_1}{2} \times \frac{v_2 - v_1}{a}$$

$$= \frac{v_૨^૨ - v_૧^૨}{૨a}$$

$$\therefore v_૨^૨ - v^૨ = ૨as \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots (૯).$$

અને $v_૨^૨ = v_૧^૨ + ૨as$ ... ...(૧૦).

જો વેગમાં ઘટાડો થતો હોય એટલે એક્સેલરેશન નેગેટીવ હોય તો ફોરમ્યુલા (૬), (૮), અને (૧૦) નીચે પ્રમાણે લખાશેઃ—

$$v_૨ = v_૧ \pm at.$$

$$s = v_૧t \pm \tfrac{૧}{૨} at^૨.$$

$$v_૨^૨ = v_૧^૨ \pm ૨as.$$

ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે થતી વેગ વૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ એટલે એક્સેલરેશન (acceleration due to gravity).— જ્યારે એક પદાર્થ કોઈ ઉંચી જગ્યા અથવા મિનારા ઉપરથી ગુરૂત્વાકર્ષણનાં કાર્ય હેઠળ છુટથી નીચે પડે છે, ત્યારે તે પદાર્થની દરેક સેકન્ડની ઝડપમાં દરેક સેકન્ડને અંતે વધારો થતો જાય છે. પૃથ્વીની સપાટી ઉપર સઘળી જગ્યાએ ગુરૂત્વાકર્ષણ તદન એક સરખું હોતું નથી અને તેટલા માટે જુદે જુદે ઠેકાણે છુટથી નીચે પડતા પદાર્થનું આ એક્સેલરેશન એટલે દર સેકન્ડે વેગમાં એક સેકન્ડમાં થતો વધારો તદન એક સરખો હોતો નથી. ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે થતું એક્સેલરેશન અથવા વેગનો વધારો એક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડે ૩૨.૨ ફુટ લેવામાં આવે છે, અને તેને g અક્ષર વડે દર્શાવવામાં આવે છે. દાખલાની ગણત્રી કરવામાં ગુંચવાડો ન થાય માટે $g = ૩૨$ લઈશું.

જો દબાણ વિનાની ખાલી જગ્યા એટલે વેક્યુમમાં એક પદાર્થ સ્થાઈ સ્થિતિ ઉપરથી ગુરૂત્વાકર્ષણનાં કાર્ય હેઠળ S ફુટની ઉંચાઈએથી છુટથી નીચે પડે ત્યારે ગુરૂત્વાકર્ષણ પદાર્થની ગતિની ઝડપમાં નિયંત વધારો (કોન્સ્ટન્ટ એક્સેલરેશન constant acceleration) ઉત્પન્ન

કરતું હોવાથી વારાફરતી આવતી દરેક સેકન્ડનાં અંતે તે પદાર્થની દર સેકન્ડે ગતિનો વેગ અથવા વેલોસીટી g ફુટ એટલે ૩૨ ફુટ જેટલી વધશે.

ધારોકે t સેકન્ડનાં અંતે પદાર્થની વેલોસીટી એટલે ગતિનો વેગ દર સેકન્ડે v ફુટ હોય તો ફોરમ્યુલા નીચે પ્રમાણે આવશેઃ—

$v = gt$ ... ... (૧૧).

$S = \frac{૧}{૨} gt^{૨}$... ... ... (૧૨).

$v^{૨} = ૨\ gs$... ... ... (૧૩).

$v_{૨} = v_{૧} \pm gt$ ... ... (૧૪).

$S = v_{૧}t \pm \frac{૧}{૨} gt^{૨}$ ... ... (૧૫).

$v_{૨}^{૨} = v_{૧}^{૨} \pm ૨\ gs$ ... ... (૧૬).

દ્રવ્ય એટલે માસ (Mass).—પદાર્થમાં સમાયલો વસ્તુ (મેટર matter)નો જથ્થો દર્શાવવા માટે દ્રવ્ય એટલે માસ (mass) સંજ્ઞા વપરાય છે. દ્રવ્ય (માસ)નો એકમ સ્ટેન્ડર્ડ પૌંડ વજન છે.

વેગમાન એટલે મોમેન્ટમ (Momentum).—વેગમાન એટલે ચાલવાનું જોર અથવા ગતિનો જથ્થો છે. એક પદાર્થનો વેગમાન તેનાં દ્રવ્ય (માસ) અને વેગ એટલે વેલોસીટીનો ગુણાકાર છે.

ત્યારે, જો m = પદાર્થમાં સમાયલો વસ્તુનો જથ્થો એટલે માસ (mass), હોય,

અને v = તે પદાર્થની દર સેકન્ડે ઝડપ એટલે વેલોસીટી એટલે વેગ ફુટમાં હોય,

ત્યારે વેગમાન એટલે મોમેન્ટમ = $m\ v$.

ન્યુટન (Newton)ના ગતિના નિયમો.—સર ઈસાક ન્યુટન (Sir Isaac Newton)ને ગતિના નીચલા નિયમો પહેલ વહેલાં સ્પષ્ટતાથી વર્ણવ્યા હતા :—

ગતિનો પહેલો નિયમ (જડત્વ એટલે ઈનર્શીઆનો નિયમ).—દરેક પદાર્થ પોતાની વિશ્રામની સ્થિતિમાં અથવા તો સીધી

લીટીમાં સમગતિની સ્થિતિમાં ચાલુ રહે છે, શિવાય કે બહારનાં જોરો વડે તે સ્થિતિ બદલવાને તે પદાર્થને ફરજ પાડવામાં આવે.

ગતિનો બીજો નિયમ (જોર અને ગતિ એટલે ફોર્સ અને મોશનનો નિયમ).—વેગમાન એટલે મોમેન્ટમનો ફેરફાર જે જોર વેગમાન ઉત્પન્ન કરે છે તે જોરનાં પ્રમાણમાં હોય છે, અને જે સીધી લીટીની દિશામાં તે જોર કાર્ય કરે છે તે દિશામાં ફેરફાર થાય છે.

ગતિનો ત્રીજો નિયમ (જોર અને રોસનો નિયમ).— દરેક કાર્યની સામે તેની બરાબરનું અને વિરૂદ્ધ દિશામાં કાર્ય કરતું પ્રતિકાર્ય વિરોધ કરે છે, અથવા જો બે પદાર્થો એક બીજા ઉપર અરસ્પરસ કાર્ય કરે ત્યારે તેટલાજ વખતમાં દરેકમાં ઉત્પન્ન થતા ગતિના જથ્થાઓ અથવા કાર્યો સરખાં અને વિરૂદ્ધ હોય છે, અથવા કાર્ય અને પ્રતિકાર્ય સરખાં અને વિરૂદ્ધ હોય છે.

ગતિનો પહેલો નિયમ.—આ નિયમ સ્પર્શ વસ્તુ એટલે મેટરનો કુદરતિ ગુણ જેણે કરીને તેની પોતાની વિશ્રામની સ્થિતિને અથવા ગતિની સ્થિતિને બદલવાને તેનામાં શક્તિ હોતી નથી તે ગુણ સિદ્ધ કરે છે, એટલે સ્પર્શ વસ્તુ અથવા પ્રકૃતિનું જડત્વ (ઈનર્શીઆ ઓફ મેટર inertia of matter) સિદ્ધ કરે છે. આ કારણે દરેક પદાર્થ જો તે વિશ્રામની સ્થિતિમાં હોય અથવા ગતિમાં હોય અને તે ઉપર કોઈપણ જાતનું જોર કાર્ય કરવામાં ન આવે તો તે હમેશાં પોતાની સ્થાઈ સ્થિતિમાં રહેવાનું ચાલુ રાખશે, અથવા તો સમાન ગતિએ સીધી લીટીમાં આગળ અને આગળ ચાલવાનું ચાલુ રાખશે. વિશ્રામની અથવા સીધી લીટીમાં સમાન ગતિની પોતાની સ્થિતિમાં ફેરફાર કરવાની સામે થવાનાં સ્પર્શ વસ્તુ એટલે મેટરનાં આ વલણ અથવા ગુણને **“જડત્વ”** એટલે **“ઈનર્શીઆ” (Inertia)** કહે છે, અને ગતિના આ પહેલા નિયમને **“જડત્વનો નિયમ”** તરીકે વારંવાર કહેવામાં આવે છે.

ગતિનો બીજો નિયમ.—આ નિયમ સિદ્ધ કરે છે કે વેગમાન એટલે મોમેન્ટમનો ફેરફાર જોરનાં કાર્ય વડે ઉત્પન્ન થાય છે, અને

આ જોરને વખતના એકમમાં તે વડે ઉત્પન્ન થતાં વેગમાન (મોમેન્ટમ) વડે માપવાનું આ બીજો નિયમ શીખવે છે. જોરને વેગમાનનાં ફેરફારની ઝડપ વડે માપી શકાય છે.

ધારોકે, F = પદાર્થ ઉપર તેની ગતિની દિશામાં કાર્ય કરતું જોર એટલે વેગમાનનો ફેરફાર ઉત્પન્ન કરનારૂં જોર.

m = પદાર્થનો માસ (mass).

v_1 = તે પદાર્થની શરૂઆતની ગતિનો વેગ એટલે વેલોસીટી દર સેકન્ડે ફુટમાં.

v_2 = તે પદાર્થની છેવટની ગતિનો વેગ એટલે વેલોસીટી દર સેકન્ડે ફુટમાં.

t = જેટલા વખત સુધી જોર F કાર્ય કરે તે વખત સેકન્ડમાં.

ત્યારે, $F\,t = m\,(v_2 - v_1)$

$$\therefore\ F = \frac{m\,(v_2 - v_1)}{t}$$

પણ $a = \frac{v_2 - v_1}{t}$

$$\therefore\ F = m\,a$$

અથવા **જોર = માસ × એકસેલરેશન.**

ઉપલી ફોરમ્યુલામાં આપેલાં જોરને જોરના કેવળ એકમમાં દર્શાવ્યું છે.

જોરનો કેવળ એકમ (એબ્સોલ્યુટ યુનીટ ઓફ ફોર્સ absolute unit of force).—જે જોર એક પૌંડનાં દ્રવ્ય એટલે માસ (mass) ઉપર એક સેકન્ડ સુધી કાર્ય કરી દર સેકન્ડે એક ફુટનો ગતિનો વેગ એટલે વેલોસીટી ઉત્પન્ન કરે છે એટલે એકમ એકસેલરેશન (unit acceleration એકમ ગતિની વૃદ્ધિ) ઉત્પન્ન કરે છે તેને જોરનો બ્રીટીશ કેવળ એકમ "પાઉન્ડલ" (poundal) કહે છે.

જોરનો ગુરૂત્વાકર્ષણનો એકમ અથવા એન્જીનીયરનો એકમ (ગ્રેવીટેશન યુનીટ ઓફ ફોર્સ અથવા એન્જીનીયર્સ યુનીટ gravitation unit of force or engineer's unit).—આ એકમને એક પાઉન્ડ કહે છે, અને તે પૃથ્વીની સપાટી આગળ ગુરૂત્વનાં ખેંચાણનાં જોરની સામે એક પાઉન્ડનાં એકમ દ્રવ્ય એટલે માસને ટેકવવા માટે જોઈતું જોર છે.

હવે એક પાઉન્ડનાં દ્રવ્ય એટલે માસ (mass) ઉપર એક સેકન્ડ સુધીકાર્ય કરતું ગુરૂત્વાકર્પણનું જોર, g એક્સેલરેશન (ગતિની વૃદ્ધિ) ઉત્પન્ન કરે છે, તેથી ગુરૂત્વાકર્પણ અને જોરના કેવળ એકમ વચ્ચેનો સંબંધ નીચે પ્રમાણે છે:—

એક પૈાંડનાં વજનનું જોર = g પાઉન્ડલ.

$\therefore$ W પૈાંડનાં વજનનું જોર = Wg પાઉન્ડલ.

ગુરૂત્વાકર્પણના એકમમાં દ્રવ્ય (માસ)નો એકમ એ g પૈાંડ વજનની વસ્તુ (મેટર)નો જથ્થો છે.

$\therefore$ માસ m જેનું વજન mg છે તે બરાબર W પૈાંડ છે.

$\therefore mg =$ W પૈાંડ,

અથવા $m = \frac{W}{g}.$

વેગમાન (મોમેન્ટમ) $= m \times v$

$$= \frac{W}{g} \times v$$

$$= \frac{W\,v}{g}.$$

વળી આ નિયમ પ્રમાણે, "આપેલા પદાર્થમાં આપેલું એક્સેલરેશન એટલે વેગ વૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ ઉત્પન્ન કરવા માટે જોઈતું જોર તે પદાર્થનાં દ્રવ્ય અને જોઈતાં એક્સેલરેશન એટલે વેગ વૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગનાં ગુણાકારનાં પ્રમાણમાં હોય છે," અને એક પૈાંડનાં દ્રવ્ય

(માસ) ઉપર કાર્ય કરતું એક પૌંડ વજનનું જોર દર સેકન્ડે એક સેકન્ડમાં ૩૨.૨ ફુટનું એક્સેલરેશન એટલે ગતિની વૃદ્ધિ ઉત્પન્ન કરે છે. આ પ્રમાણે m પૌંડનાં દ્રવ્ય (માસ)ને દર સેકન્ડે એક સેકન્ડમાં a ફુટનું એક્સેલરેશન એટલે વેગ વૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ આપવા માટે જોઈતું જોર F પૌંડ આપણે શોધી શકીએ.

$$\text{જોર } F \text{ પૌંડમાં} = \frac{m\,a}{૩૨.૨}$$

$$= \frac{m\,a}{g}.$$

જો t સેકન્ડ સુધી જોર F કાર્ય કરે તો આ વખત એટલે t સેકન્ડને અંતે પદાર્થનો વેગ દર સેકન્ડે $= v = a\,t$ ફુટ દર સેકન્ડે.

$$\therefore a = \frac{v}{t}.$$

$$\text{પણ, } F = \frac{m\,a}{g}$$

$$= \frac{m\,v}{g\,t}$$

હવે $m\,v = t$ સેકન્ડના વખતને અંતે તે પદાર્થે મેળવેલું વેગમાન છે,

ત્યારે $\frac{m\,v}{t}$ = દર સેકન્ડે તે પદાર્થ જે વેગમાન મેળવે છે તે, અને

વેગમાન ઉત્પન્ન કરનારૂં જોર = દર સેકન્ડે ઉત્પન્ન થતું વેગમાન $\div\, g$ છે, એટલે

$$F = \frac{mv}{gt}.$$

આપણે આગળ જોયું કે જોર = દ્રવ્ય (માસ) × એક્સેલરેશન (પ્રવેગ) છે, માટે એકજ સરખાં દ્રવ્ય ઉપર કાર્ય કરતાં જોરો ઉત્પન્ન થયલાં એક્સેલરેશન (વેગ વૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ)નાં પ્રમાણમાં છે. ધારોકે આપેલાં દ્રવ્ય m ઉપર એક્સેલરેશન એટલે વેગ વૃદ્ધિ અથવા

પ્રવેગ a અને a_1 ઉત્પન્ન કરવાને માટે જોઈતાં જોરો F અને F_1 છે. ત્યારે ગતિના બીજા નિયમ પ્રમાણે—

$$F : F_1 : : a : a_1$$

જો આ જોરોમાંનું એક જોર F_1 ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે જોઈતું જોર એટલે પદાર્થનું વજન W હોય, ત્યારે એક્સેલરેશન (વેગ વૃદ્ધિ અથવા પ્રવેગ) g હોય છે, અને આપણને મળતું પ્રમાણ—

$$F : W : : a : g,$$

અથવા $F = \frac{Wa}{g}$ પૌંડ.

ગતિનો ત્રીજો નિયમ.—આ નિયમ સિદ્ધ કરે છે કે દરેક કાર્યની સામે તેની બરાબરનું અને વિરૂદ્ધ દિશામાં કાર્ય કરતું પ્રતિકાર્ય વિરોધ કરે છે. આ પ્રમાણે એક વજન એક ટેબલ ઉપર મુકેલું છે, અને તે એક નિશ્ચિત જોર વડે તે ટેબલ ઉપર દબાણ કરે છે; ત્યારે તે ટેબલ તે વજન ઉપર સરખાં અને વિરૂદ્ધ જોર વડે પ્રતિકાર્ય કરે છે, તેથી દરેક કાર્ય સાથે સરખું અને વિરૂદ્ધ દિશામાં કાર્ય કરતું પ્રતિકાર્ય હોય છે.

બે પદાર્થો વચ્ચે પરસ્પર ક્રિયા વડે ઉત્પન્ન થતાં બે સરખાં અને સામાં જોરોને સ્ટ્રેસ (stress) તરીકે ભેગાં બોલવામાં આવે છે, અને આ કારણે ગતિના ત્રીજા નિયમને "સ્ટ્રેસનો નિયમ" કહે છે.

દાખલો ૧.—નીચે આપેલી વેલોસીટી એટલે વેગોને દર સેકન્ડે ફુટમાં શોધો:—(૧) દર કલાકે ૪૫ માઈલ; (૨) દર મીનીટે ૨૪૦ ફુટ; (૩) દર કલાકે ૩૦ નૉટ (knot દરીયાઈ માઈલ).

(૧) દર સેકન્ડે વેલોસીટી એટલે વેગ $= \frac{૪૫ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦} =$ <u>૬૬ ફુટ.</u>

(૨) દર સેકન્ડે વેલોસીટી એટલે વેગ $= \frac{૨૪૦}{૬૦} =$ <u>૪ ફુટ</u>

(૩) ૧ નૉટ અથવા દરીયાઈ માઈલ = ૬૦૮૦ ફુટ

દર સેકન્ડે વેલોસીટી એટલે વેગ $= \frac{૩૦ \times ૬૦૮૦}{૬૦ \times ૬૦} =$ <u>૫૦·૬ ફુટ</u>

દાખલો ૨.—એક પદાર્થ છુટથી ૮ સેકન્ડમાં નીચે પડે છે તો તેની વેલોસીટી એટલે વેગ શોધો ?

$$v = gt$$

$$= ૩૨ \times ૮ = \underline{૨૫૬ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}}$$

દાખલો ૩.—છુટથી નીચે પડતો એક પદાર્થ દર સેકન્ડે ૩૮૪ ફુટનો વેગ એટલે વેલોસીટી કેટલા વખતમાં મેળવશે ?

$$t = \frac{v}{g}$$

$$= \frac{૩૮૪}{૩૨} = \underline{૧૨ \text{ સેકન્ડ}}$$

દાખલો ૪.—એક વજન એક ઉંચા મિનારા ઉપરથી ૪ સેકન્ડમાં છુટથી નીચે પડે છે, તો તે મિનારાની ઉંચાઈ કેટલી હશે ?

$$s = \frac{gt^૨}{૨}$$

$$= \frac{૩૨ \times ૪ \times ૪}{૨} = \underline{૨૫૬ \text{ ફુટ.}}$$

દાખલો ૫.—એક પથ્થરને જમીન ઉપરથી ખાણમાં છુટથી નીચે નાખતાં તે ૬ સેકન્ડમાં ખાણને તળીયે જઈ પડે છે, તો તે ખાણની ઉંડાઈ કેટલી હશે ?

$$\text{ઉંડાઈ} = \text{પથ્થરે પસાર કરેલું અંતર} = s$$

$$\therefore \text{ઉંડાઈ} = s = \frac{gt^૨}{૨}$$

$$= \frac{૩૨ \times ૬ \times ૬}{૨} = \underline{૫૭૬ \text{ ફુટ.}}$$

દાખલો ૬.—એક પદાર્થ ૧૯૬ ફુટ ઉંચા મિનારાની ટોચ ઉપરથી કેટલા વખતમાં નીચે પડશે ?

$$s = \tfrac{૧}{૨} gt^૨$$

$$\therefore ૨ s = gt^૨$$

$$\therefore t^2 = \frac{2s}{g}$$

$$= \frac{2 \times 196}{32} = \frac{49}{4}$$

$$\therefore t = \sqrt{\frac{49}{4}} = \underline{3.5 \text{ સેકન્ડ.}}$$

દાખલો ૭.—એક પદાર્થ ૧૦ સેકન્ડમાં સ્થાઈ સ્થિતિ ઉપરથી છુટથી નીચે પડે છે, તો તેની નીચે પડતી વેળાની છેલ્લી ૨ સેકન્ડમાં તે પદાર્થ કેટલું અંતર પસાર કરશે ?

પસાર થયલું અંતર $= s = \frac{1}{2} gt^2$

$$= \frac{32 \times 10 \times 10}{2} = 1600 \text{ ફુટ.}$$

$$8 \text{ સેકન્ડમાં પસાર થયલું અંતર} = \frac{32 \times 8 \times 8}{2} = 1024 \text{ ફુટ}$$

$$\therefore \text{છેલ્લી ૨ સેકન્ડમાં પસાર થયલું અંતર} = 1600 - 1024$$

$$= \underline{576 \text{ ફુટ}}$$

દાખલો ૮.—દર સેકન્ડે ૪૮૦ ફુટની ઝડપ મેળવવાને માટે એક પદાર્થને કેટલી ઉંચાઈએથી નીચે પડવું જોઈએ ?

ઉંચાઈ = પસાર કરેલું અંતર S

$$v^2 = 2gs$$

$$\therefore S = \frac{v^2}{2g}$$

$$= \frac{480 \times 480}{2 \times 32} = \underline{3600 \text{ ફુટ}}$$

દાખલો ૯.—એક પુરૂષ એક પથ્થરને કુવામાં નાંખે છે, અને ૩ સેકન્ડ પછી તે પથ્થર પાણીને અડકતો સંભળાય છે. જો અવાજનો વેગ દર સેકન્ડે ૧૨૮૦ ફુટ હોય તો તે કુવાની પાણીની સપાટી સુધીની ઉંડાઈ કેટલી હશે તે શોધો ?

ધારો કે, t = કુવામાં પડવા દરમ્યાન પથ્થરે લીધેલો વખત સેકન્ડમાં.

ત્યારે, કુવાની ઉંડાઇ $= S = \frac{1}{2}gt^2$
$= \frac{1}{2} \times 32 \times t^2$
$= 16t^2$ ફુટ

પણ, $3 - t =$ જે વખત દરમ્યાન અવાજ એક સમાન રીતે કુવામાંથી ઉંચે ચઢે છે તે વખત સેકન્ડમાં.

$\therefore$ કુવાની ઉંડાઇ $= S = v \times t$
$= 1280 \times (3 - t)$ ફુટ

ત્યારે $16t^2 = 1280(3 - t)$
$t^2 = 80(3 - t)$
$t^2 = 240 - 80t$
$\therefore t^2 + 80t = 240$

વર્ગ (Square) સંપૂર્ણ કરવા માટે ૮૦નું અર્ધ કરી તેનો વર્ગ $(40)^2 = 1600$ ઉમેરતાં—

$t^2 + 80t + 1600 = 1600 + 240$

બન્ને બાજુનો વર્ગ મૂળ કાઢતાં—

$t + 40 = \sqrt{1840}$
$t + 40 = 42{\cdot}89$
$\therefore t = 42{\cdot}89 - 40 = 2{\cdot}89$ સેકન્ડ.

પણ કુવાની ઉંડાઈ $= 1280 \ (3 - t)$ છે,
$\therefore$ કુવાની ઉંડાઈ $= 1280 \ (3 - 2{\cdot}89)$
$= 1280 \times {\cdot}11 = \underline{140{\cdot}8}$ ફુટ.

દાખલો ૧૦.—એક પદાર્થને દર સેકન્ડે ૯૬ ફુટના વેગે ઉંચે ફેંકવામાં આવે છે, તો કેટલી સેકન્ડ પછી તે પદાર્થ દર સેકન્ડે ૪૦ ફુટના વેગે નીચે આવશે ?

પદાર્થને ઉપર ચઢતાં લાગતો વખત $t = \frac{v}{g}$ સેકન્ડ
$= \frac{96}{32} = 3$ સેકન્ડ.

પદાર્થને નીચે આવતાં લાગતો વખત $t = \frac{v}{g}$ સેકન્ડ
$= \frac{40}{32} = 1\frac{1}{4}$ સેકન્ડ.

ઉપર ચઢતાં અને નીચે આવતાં લાગતો વખત $= 3 + 1\frac{1}{4} = \underline{4\frac{1}{4}}$ સેકન્ડ.

દાખલો ૧૧.—એક ટ્રેન સ્થાઇ સ્થિતિએ સ્ટેશન ઉપરથી ઉપડી ૫ મીનીટમાં દર કલાકે ૩૦ માઇલની ઝડપ મેળવે છે, તો ટ્રેનનો પ્રવેગ અથવા ઝડપની વૃદ્ધિ એટલે એક્સેલરેશન ફુટ અને સેકન્ડના એકમમાં શોધો ?

$$\text{દર સેકન્ડે વેગ અથવા વેલોસીટી } v = \frac{૩૦ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦}$$

$$= ૪૪ \text{ ફુટ}$$

$$\text{વેગ વૃદ્ધિ એટલે એક્સેલરેશન} = a = \frac{v}{t}$$

$$= \frac{૪૪}{૫ \times ૬૦}$$

$$= \cdot ૧૪૬ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે એક સેકન્ડમાં}$$

દાખલો ૧૨.—એક માણસ અને તેની બાઇસીકલનું વજન ૧૭૦ પૌંડ છે. આ બાઇસીકલ ફ્રી વ્હીલ સાથની છે અને તેની ઉપર સ્પીડ ઇન્ડીકેટર (ઝડપ દર્શાવનારૂં યંત્ર) બેસાડેલું છે. સીધી સપાટ સડક ઉપર દર કલાકે ૧૦ માઇલની ઝડપે જતાં તે માણસ પેડલ મારવાનું એકદમ બંધ કરે છે અને ત્યાર બાદ તેને માલમ પડે છે કે ૧૫ સેકન્ડમાં તેની ઝડપ દર કલાકે ૮ માઇલની થઈ છે, તો ગતિની સામે થતું જોર કેટલું હશે ?

v_1 = પેડલ બંધ કરતી વેળાની શરૂઆતની ઝડપ દર સેકન્ડે.

v_2 = ૧૫ સેકન્ડની અંતે ઝડપ અથવા વેગ દર સેકન્ડે.

$$v_1 = \frac{૧૦ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦} = \frac{૪૪}{૩} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે.}$$

$$v_2 = \frac{૮ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦} = \frac{૧૭૬}{૧૫} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે.}$$

અહીંઆ ઝડપ ઘટતી જાય છે એટલે એક્સેલરેશન (પ્રવેગ) નેગેટીવ છે.

$v_1 - v_2 = at$

$\therefore$ એક્સેલરેશન $a = \frac{v_1 - v_2}{t}$

$= \left(\frac{૪૪}{૩} - \frac{૧૭૬}{૧૫}\right) \div ૧૫$

$= \frac{૪૪}{૧૫} \times \frac{૧}{૧૫} = \frac{૪૪}{૨૨૫}$ દર સેકન્ડે એક સેકન્ડમાં

ધારો કે, F = ગતિની સામે થતું જોર

$F : W :: a : g$

$\therefore \quad F = \frac{W \times a}{g}$

$= \frac{૧૭૦ \times ૪૪}{૩૨ \times ૨૨૫} =$ ૧·૦૩ પૌંડ

દાખલો ૧૩.—એક મોટર બસ (motor bus) જેનું વજન ૨½ ટન છે તે ૪૦ ઉતારૂઓને લઈ સીધી સપાટ સડક ઉપર દર કલાકે ૬ માઇલની ઝડપે મુસાફરી કરે છે. દરેક ઉતારૂનું સરેરાશ વજન ૧૪૫ પૌંડ છે, તો તેનું વેગમાન (મોમેન્ટમ) એન્જીનીયરના એકમમાં શોધો. જો ગાડીને ચલાવનારૂં જોર ઉપાડી લેવામાં આવે એટલે એન્જીનને બંધ કરવામાં આવે, તો તે ગાડીને બે સેકન્ડમાં ઉભી રાખવા માટે કેટલા પૌંડનું સરેરાશ જોર ખર્ચ કરવું પડશે? અને ધારો કે જોર નિયંત હોય તો તે ગાડી ઉભી રહેવાની પૂર્વે કેટલું અંતર પસાર કરશે?

ગાડી અને ઉતારૂઓનું કુલ વજન પૌંડમાં = (૨·૫ × ૨૨૪૦) + (૪૦ × ૧૪૫) = ૧૧૪૦૦ પૌંડ.

દર સેકન્ડે ગાડીની ગતિની ઝડપ ફુટમાં $= v = \frac{૬ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦}$

= ૮·૮ ફુટ દર સેકન્ડે

એન્જીનીયરના એકમમાં વેગમાન $= m \times v$

$$= \frac{W}{g} \times v$$

$$= \frac{૧૧૪૦૦ \times ૮.૮}{૩૨}$$

$$= \underline{૩૧૩૫ \text{ પૌંડ-ફુટ-સેકન્ડ.}}$$

જો, F = ગાડીને ૨ સેકન્ડમાં ઉભી રાખવા માટે જોઈતું સરેરાશ જોર હોય, અને

a = તેને મળતો આવતો ઝડપમાં થતો ઘટાડો એટલે એક્સેલરેશન (અહીંઆ રીટાર્ડેશન) હોય,

ત્યારે, $a = \frac{v}{t} = \frac{૮.૮}{૨} = ૪.૪$, અને

$$F = \frac{Wa}{g}$$

$$= \frac{૧૧૪૦૦ \times ૪.૪}{૩૨} = \underline{૧૫૬૭.૫ \text{ પૌંડ}}$$

ધારો કે, S = ગાડી ઉભી રહેવાની પૂર્વે તેણે પસાર કરેલું અંતર, ત્યારે

$$S = \frac{૧}{૨} at^૨$$

$$= \frac{૧}{૨} \times ૪.૪ \times ૨ \times ૨ = \underline{૮.૮ \text{ ફુટ}}$$

દાખલો ૧૪.—એક ટ્રેન જેનું દ્રવ્ય (માસ) ૨૪૦ ટન છે તે સ્થાઈ સ્થિતિ ઉપરથી ઉપડી ૪ મીનીટમાં દર કલાકે ૪૦ માઇલની ઝડપ મેળવે છે, તો ઘર્ષણના અવરોધ દુર કરવા માટે વપરાતાં જોર ઉપરાંત ટ્રેનનું જડત્વ દુર કરવા માટે કેટલું વધારાનું જોર લાગુ પાડવું જોઈશે?

$$v = \frac{૪૦ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦} = \frac{૫૩૬}{૯} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

વખત t સેકન્ડમાં = ૪ × ૬૦ = ૨૪૦ સેકન્ડ

$$\text{જોર } F = \frac{ma}{g} = \frac{mv}{gt}$$

$$= \frac{૨૪૦ \times ૫૩૬}{૯ \times ૩૨.૨ \times ૨૪૦} = \underline{૧.૮૪૯ \text{ ટન}}$$

દાખલો ૧૫.—એક એન્જીનમાં દર મીનીટે ૩૦૦ આંટાની ઝડપે એમ માલમ પડયું કે એન્જીનનો પીસ્તન જ્યારે અંદરનું ડેડ સેન્ટર પસાર કરે છે ત્યારે તેને એક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડે ૪૦૦ ફુટનો પ્રવેગ અથવા વેગવૃદ્ધિ એટલે એક્સેલરેશન હોય છે. જો પીસ્તન, પીસ્તન રોડ અને ક્રોસ હેડનું દ્રવ્ય (માસ) ૧૫૦ પૌંડ હોય તો આ ભાગોનું જડત્વ દુર કરવા માટે કેટલું જોર જોઇશે ?

$$F = \frac{ma}{g} = \frac{૧૫૦ \times ૪૦૦}{૩૨\cdot૨} = \underline{૧૮૬૩\cdot૩ \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૧૬.—એક સ્ટીમ હેમર (વરાળ વડે ચાલતો હથોડો) જેનું વજન ૫ ટન છે તે દાગીના ઉપર ૧૦ ફુટની ઉંચાઈએથી પડે છે, તો તેના સ્ટ્રોકને અંતે તેનું વેગમાન એટલે મોમેન્ટમ શોધો ?

$$v^2 = ૨gs \therefore v = \sqrt{૨ \times ૩૨ \times ૧૦}$$

$$= \sqrt{૬૪૦} = ૨૫\cdot૩ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

$$\text{એન્જીનીયરના એકમમાં વેગમાન} = mv = \frac{Wv}{g}$$

$$= \frac{૫ \times ૨૨૪૦ \times ૨૫\cdot૩}{૩૨} = \underline{૮૮૫૫ \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૧૭.—૩ ટનનાં વજનની એક તોપ જેની લંબાઈ ૬ ફુટ છે તેમાંથી ૨૫ પૌંડનાં વજનનો એક દારૂગોળો સળગાવી દર સેકન્ડે ૧૨૦૦ ફુટની શરૂઆતની ઝડપે છોડવામાં આવે છે, તો તોપ ઉપર આવતા ધક્કા અથવા આંચકાની ગતિ શોધો અને ધડાકાનું સરેરાશ જોર શોધો ?

(૧) ધારો કે, W = તોપનું વજન.

w = દારૂગોળાનું વજન.

V = તોપના ધક્કા અથવા આંચકાની ગતિ દર સેક.

v = ગોળાની ગતિ દર સેકન્ડે.

તોપનું વેગમાન = ગોળાનું વેગમાન.

$$W\ V = w\ v$$

$$૩ \times ૨૨૪૦ \times V = ૨૫ \times ૧૨૦૦$$

$$\therefore V = \frac{૨૫ \times ૧૨૦૦}{૩ \times ૨૨૪૦} = \frac{૧૨૫}{૨૮} = \underline{૪{\cdot}૪૬૪ \text{ ફુટ દર સેક.}}$$

(૨) દારૂગોળાના ધડાકા દરમ્યાન ખર્ચ કરવામાં આવતું સરેરાશ જોર શોધવા માટે આપણુને પહેલાં તોપની નળીની લંબાઈએ ગોળાનું એકસેલરેશન એટલે એક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડે ગતિની ઝડપમાં થતો વધારો શોધવો જોઈએ. તોપ ૬ ફુટ લાંબી છે, અને તોપ ફોડતી વેળા ગોળાનો વેગ એટલે વેલોસીટી દર સેકન્ડે ૧૨૦૦ ફુટ છે, તો

$$v^2 = ૨\ a\ s.$$

$$૧૨૦૦^2 = ૨ \times a \times ૬$$

$$\therefore a = \frac{૧૨૦૦ \times ૧૨૦૦}{૨ \times ૬}$$

$$= ૧૨૦૦૦૦ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે એક સેકન્ડમાં}$$

$$\text{પણ } F = \frac{W\ a}{g}$$

$$= \frac{૨૫ \times ૧૨૦૦૦૦}{૩૨} = \underline{૯૩૭૫૦ \text{ પૌંડ.}}$$

દાખલો ૧૮.—એક રેલવે ટ્રેનનું વજન એન્જીનનાં વજન વિના ૩૦૦ ટન છે અને તે સીધી સપાટ સડક ઉપર દોડે છે. ૧૦ મીનીટમાં તેની ઝડપ દર કલાકે ૮ માઇલ ઉપરથી વધીને દર કલાકે ૩૦ માઇલ થાય છે. તો એન્જીન અને ટ્રેન વચ્ચેનું સરેરાશ ખેંચાણ શોધો. ટ્રેકશન દર ટન દીઠ ૮ પૌંડ છે.

એન્જીન અને ટ્રેન વચ્ચેનું ખેંચાણ બે ભાગનું બનેલું છે—(૧) ટ્રેનની ઝડપ વધારવા માટે જોઈતું જોર, અને (૨) ઘર્ષણના અવરોધ દુર કરવા માટે જોઈતું જોર.

ટ્રેનની ઝડપ વધારવા માટે જોઈતું જોર $= F_૧ = \frac{W\ a}{g}$,

પણ $a = \frac{v_૨ - v_૧}{t}$ છે. માટે, $F_૧ = \frac{W\ (v_૨ - v_૧)}{g\ t}$

v_1 = દર કલાકે ૮ માઇલ $= \frac{૮ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦} = \frac{૧૭૬}{૧૫}$ ફુટ દર સેકન્ડે.

v_2 = દર કલાકે ૩૦ માઇલ $= \frac{૩૦ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦}$ = ૪૪ ફુટ દર સેકન્ડે.

t = ૧૦ મીનીટ = ૧૦ × ૬૦ = ૬૦૦ સેકન્ડ.

$$\therefore F_1 = \frac{૩૦૦ \times ૨૨૪૦ \times (૪૪ - \frac{૧૭૬}{૧૫})}{૩૨ \times ૬૦૦} = \frac{૩૩૮૮}{૩}$$

= ૧૧૨૯·૩ પૌંડ.

ઘર્ષણના અવરોધ દુર કરવા માટે જોઈતું જોર = F_2 = ૩૦૦ × ૮
= ૨૪૦૦ પૌંડ.

∴ એન્જીન અને ટ્રેન વચ્ચેનું સરેરાશ ખેંચાણ =

$F_1 + F_2$ = ૧૧૨૯·૩ + ૨૪૦૦ પૌંડ. = <u>૩૫૨૯·૩ પૌંડ.</u>

દાખલો ૧૯.—એક રેલવે ટ્રેનનું વજન ૨૦૦ ટન છે અને ૮૦ એ ૧ની ઢાળવાળી સડકને મથાળે પહોંચતાં ૨૫ માઇલની ઝડપ મેળવે છે અને ત્યારબાદ વરાળને એન્જીનમાં દાખલ થતી બંધ કરી તે પોતાની મેળે તેટલાજ ઢાળવાળાં ઉતરાણ ઉપરથી નીચે આવે છે. જો ઉતરાણ (ઢાળ)ની લંબાઈ $\frac{૩}{૪}$ માઇલ હોય, તો ઢાળની તળેટીએ તેની ઝડપ કેટલી હશે? ટ્રેકશન દર ટન દીઠ ૧૨ પૌંડ છે.

દર ટન દીઠ ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે નડતો અવરોધ પૌંડમાં = $\frac{૨૨૪૦}{૮૦}$
= ૨૮ પૌંડ.

ઢાળ ઉપરથી નીચે ગબડતાં દર ટન દીઠ કુલ અવરોધ = ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે નડતો અવરોધ – ઘર્ષણને લીધે નડતો અવરોધ.

∴ ઢાળ ઉપરથી નીચે આવતાં દર ટન દીઠ કુલ
અવરોધ = ૨૮ – ૧૨ = ૧૬ પૌંડ દર ટન દીઠ.

∴ ૨૦૦ ટનનાં વજનની ટ્રેન ઢાળ ઉપરથી નીચે આવતાં
કુલ અવરોધ = ૨૦૦ × ૧૬ = ૩૨૦૦ પૌંડ.

$$F = \frac{Wa}{g}$$

$$૩૨૦૦ = \frac{૨૦૦ \times ૨૨૪૦ \times a}{૩૨{\cdot}૨}$$

$$\therefore a = \frac{૩૨૦૦ \times ૩૨{\cdot}૨}{૨૦૦ \times ૨૨૪૦} = {\cdot}૨૩ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

એક સેકન્ડમાં.

$$\text{શરૂઆતનો વેગ} = v_૧ = \frac{૨૫ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦} = \frac{૧૧૦}{૩} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે.}$$

$$v_૨^૨ - v_૧^૨ = ૨\,as.$$

$$\therefore v_૨^૨ = v_૧^૨ + ૨as$$

$$= \left(\frac{૧૧૦}{૩} \times \frac{૧૧૦}{૩}\right) + (૨ \times {\cdot}૨૩ \times {\cdot}૭૫ \times ૫૨૮૦)$$

$$= ૧૩૪૪{\cdot}૪ + ૧૮૨૧{\cdot}૬$$

$$= ૩૧૬૬$$

$$\therefore v = \sqrt{૩૧૬૬}$$

$$= ૫૬{\cdot}૨૬ \text{ ફુટ દર મીનીટે.}$$

$$= ૩૮{\cdot}૩૬ \text{ માઇલ દર કલાકે.}$$

દાખલો ૨૦.—એક રેલવે ટ્રેનનું વજન એન્જીન વિના ૧૫૦ ટન છે. સ્ટેશન ઉપર તે ટ્રેન ઉભી રહ્યા પછી તેને પાછી ચલાવતાં ૫ મીનીટમાં તે દર કલાકે ૩૦ માઇલની ઝડપ મેળવે છે, તો એન્જીન અને ટ્રેન વચ્ચેનું સરેરાશ ખેંચાણ કેટલું હશે? ટ્રેકશન દર ટન દીઠ ૧૦ પૌંડ છે.

એન્જીન અને ટ્રેન વચ્ચેનું ખેંચાણ બે ભાગનું બનેલું છે—પહેલું, ટ્રેનનું જડત્વ દુર કરવા માટે જોઇતું જોર, અને બીજું, ઘર્ષણનો અવરોધ દુર કરવા માટે જોઇતું જોર.

પહેલું, ટ્રેનનું જડત્વ દુર કરી ઝડપ વધારવા માટે જોઇતું જોર:–

ધારોકે, $F_૧$ = ટ્રેનનું જડત્વ દુર કરવા માટે જોઇતું જોર.

$$F_1 = \frac{W \times a}{g}$$

પણ $a = \frac{v_2 - v_1}{t}$

શરૂઆતમાં ઝડપ એટલે વેલેાસીટી $= v_1 = 0$, અને ૫ મીનીટનાં અંતે દર સેકન્ડે ઝડપ એટલે વેલેાસીટી $= v_2 = \frac{૩૦ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦}$

= ૪૪ ફુટ દર સેકન્ડે.

t = ૫ × ૬૦ = ૩૦૦ સેકન્ડ.

$$\therefore F_1 = \frac{W \times (v_2 - v_1)}{gt}$$

$$= \frac{૧૫૦ \times ૨૨૪૦ \times (૪૪ - ૦)}{૩૨ \times ૩૦૦}$$

$$= \frac{૧૫૦ \times ૨૨૪૦ \times ૪૪}{૩૨ \times ૩૦૦}$$

= ૧૫૪૦ પેાંડ.

બીજું, ઘર્ષણનેા અવરેાધ = દર ટન દીઠ ૧૦ પેાંડ.

∴ કુલ ઘર્ષણનેા અવરેાધ $= F_2$ = ૧૦ × ૧૫૦ = ૧૫૦૦ પેાંડ.

∴ એન્જીન અને ટ્રેન વચ્ચેનું સરેરાશ ખેંચાણ =

$= F_1 + F_2$

= ૧૫૪૦ + ૧૫૦૦ = <u>૩૦૪૦ પેાંડ.</u>

દાખલેા ૨૧. — એક બંદુક દર સેકન્ડે ૨૦૦૦ ફુટની ઝડપે એક મીનીટમાં ૪૦૦ ગેાળીએા ફેંકે છે. દરેક ગેાળીનું વજન ૦.૫ ઔંસ છે, તેા ગેસનું વેગમાન ધ્યાનમાં ન લેતાં તે બંદુક ઉપર કેટલું સરેરાશ જોર આવશે ?

t = ૧ મીનીટ = ૬૦ સેકન્ડ

$a = \frac{v}{t} = \frac{૨૦૦૦}{૬૦} = \frac{૧૦૦}{૩}$ ફુટ દર સેકન્ડે એક સેકન્ડમાં.

$$\text{વજન } W = \frac{૪૦૦ \times ·૫}{૧૬} = ૧૨·૫ \text{ પૌંડ}$$

$$F = \frac{Wa}{g} = \frac{૧૨·૫ \times ૧૦૦}{૩૨ \times ૩} = \underline{૧૨·૯ \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૨૨.—એક હથોડી જેનાં માથાંનું વજન ૨½ પૌંડ છે તે દર સેકન્ડે ૫૦ ફુટની ઝડપે ૦·૦૦૧ સેકન્ડમાં દાગીના ઉપર ફટકા માટે આવી પડે છે, તો ફટકાનું સરેરાશ જોર કેટલું હશે ?

$$\text{જોર } F = \frac{Wa}{g}$$

$$\text{પણ } a = \frac{v}{t} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે એક સેકન્ડમાં.}$$

$$\therefore \text{ જોર } F = \frac{W}{g} \times \frac{v}{t} = \frac{૨·૫}{૩૨} \times \frac{૫૦}{·૦૦૧} = \underline{૩૯૦૬·૨૫ \text{ પૌંડ}}$$

એકસસાઇઝ ૧લી

૧. નીચે આપેલા વેગો એટલે વેલોસીટીઝને દર સેકન્ડે ફુટમાં દર્શાવો:—

(अ) દર કલાકે ૩૦ માઇલ.

(ब) દર કલાકે ૧૫ નૉટ (દરીયાઈ માઇલ).

(क) દર મીનીટે ૩૮૦ ફુટ.

૨. એક પદાર્થ ૧૨ સેકન્ડમાં છુટથી નીચે પડે છે તો તેનો વેગ (વેલોસીટી) શોધો ?

૩. છુટથી નીચે પડતો એક પદાર્થ દર સેકન્ડે ૪૨૦ ફુટની ઝડપ (વેલોસીટી) કેટલા વખતમાં મેળવશે ?

૪. એક વજન એક ઉંચા મીનારા ઉપરથી ૬ સેકન્ડમાં છુટથી નીચે પડે છે, તો તે મીનારાની ઉંચાઈ કેટલી હશે ?

૫. એક પથ્થરને જમીન ઉપરથી ખાણમાં છુટથી નાંખતાં તે ૯ સેકન્ડમાં ખાણની તળેટીએ જઈ પડે છે, તો તે ખાણની ઉંચાઇ કેટલી હશે ?

૬. એક પદાર્થ ૧૬૦ ફુટ ઉંચા મીનારાની ટોંચ ઉપરથી કેટલા વખતમાં નીચે પડશે?

૭. એક પદાર્થ ૧૫ સેકન્ડમાં સ્થાઈ સ્થિતિ ઉપરથી છુટથી નીચે પડે છે, તો તેની નીચે પડતી વેળાની છેલ્લી ૩ સેકન્ડમાં તે પદાર્થ કેટલું અંતર પસાર કરશે?

૮. દર સેકન્ડે ૩૨૦ ફુટનો વેગ મેળવવાને માટે એક પદાર્થને કેટલી ઉંચાઈએથી નીચે પડવું જોઈએ?

૯. એક પથ્થરને કુવામાં નાંખવામાં આવે છે, અને ૨.૫ સેકન્ડ પછી તે પથ્થર પાણીને અથડતો સંભળાય છે. જો અવાજની ગતિની ઝડપ (વેલોસીટી) દર સેકન્ડે ૧૧૨૦ ફુટ હોય, તો તે કુવાની પાણીની સપાટી સુધીની ઉંડાઈ કેટલી હશે તે શોધો?

૧૦. એક પદાર્થને દર સેકન્ડે ૧૨૦ ફુટની ઝડપે ઉંચે ફેંકવામાં આવે છે, તો કેટલી સેકન્ડ પછી તે પદાર્થ દર સેકન્ડે ૩૦ ફુટની ઝડપે નીચે આવશે?

૧૧. એક ટ્રેન સ્થાઈ સ્થિતિએથી સ્ટેશન ઉપરથી ઉપડી ૩ મીનીટમાં દર કલાકે ૨૫ માઇલની ઝડપ મેળવે છે, તો તે ટ્રેનનો પ્રવેગ અથવા વેગ વૃદ્ધિ એટલે એકસેલરેશન ફુટ–સેકન્ડના એકમમાં શોધો?

૧૨. એક ઈલેકટ્રીક ટ્રામકાર (વિજળીક ટ્રામગાડી) જેનું વજન ૩ ટન છે તે ૫૦ ઉતારૂઓને લઈ સપાટ સડક ઉપર દર કલાકે ૮ માઇલની ઝડપે દોડે છે. દરેક ઉતારૂનું સરેરાશ વજન ૧૧ સ્ટોન છે, તો તેનું વેગમાન (મોમેન્ટમ) એન્જીનીયરના એકમમાં (પૌંડમાં) શોધો? જો ટ્રામગાડીને ચલાવનારી વિજળીક મોટર બંધ કરવામાં આવે એટલે તેને ચલાવનારૂં જોર ઉપાડી લેવામાં આવે, તો તેને ૩ સેકન્ડમાં ઉભી રાખવા માટે કેટલા પૌંડનું સરેરાશ જોર ખર્ચ કરવું પડશે? અને ધારો કે જોર નિયંત એટલે ફેરફાર નહી થાય એવું હોય તો તે ટ્રામગાડી ઉભી રહેવાની પૂર્વે કેટલું અંતર પસાર કરશે?

૧૩. એક માણુસ અને તેની બાઇસીકલનું વજન ૨૦૦ પૌંડ છે. આ બાઇસીકલ ફ્રી વ્હીલ સાથની છે અને તેની ઉપર સ્પીડ ઈન્ડીકેટર (ઝડપ દર્શાવનારૂં યંત્ર) બેસાડેલું છે. સીધી સપાટ સડક ઉપર દર કલાકે ૬ માઇલની ઝડપે જતાં તે માણુસ પેડલ મારવાનું એકદમ બંધ કરે છે અને ત્યારબાદ તેને માલમ પડે છે કે ૧૨ સેકન્ડમાં તેની ઝડપ દર કલાકે ૪ માઇલની થઈ છે, તેા ગતિની સામે થતું જોર કેટલું હશે તે શેાધેા ?

૧૪. એક ટ્રેનનું વજન ૨૦૦ ટન છે અને તે સ્થાઈ સ્થિતિ ઉપરથી ઉપડી ૫ મીનીટમાં દર કલાકે ૪૫ માઇલની ઝડપ મેળવે છે, તેા ઘર્ષણુના અવરેાધ દુર કરવા માટે વપરાતાં જોર ઉપરાંત ટ્રેનનું જડત્વ (ઇનર્શીઆ) દુર કરવા માટે કેટલું વધારાનું જોર લાગુ પાડવું જોઈએ ?

૧૫. એક વહાણુ બંદરેથી ઉપડ્યા પછી ૫ મીનીટમાં ૧૫ નૉટની ઝડપ મેળવે છે, તેા તે વહાણુનેા પ્રવેગ અથવા વેગ વૃદ્ધિ એટલે એક્સેલરેશન શેાધેા ?

૧૬. એક એન્જીન જ્યારે દર મીનીટે ૩૫૦ આંટાની ઝડપે ચાલે છે ત્યારે એમ માલમ પડયું કે પીસ્તન જ્યારે અંદરનું ડેડ સેન્ટર (dead centre) પસાર કરે છે ત્યારે તેની ગતિમાં થતી વૃદ્ધિ એટલે એક્સેલરેશન દરેક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડ દીઠ ૫૦૦ ફુટ છે; પીસ્તન, પીસ્તન રેાડ, અને ક્રેાસ હેડનું વજન ૧૮૦ પૌંડ છે, તેા આ ભાગેાનું જડત્વ દુર કરવા માટેનું જોર નક્કી કરેા ?

૧૭. એક બંદુક દર સેકન્ડે ૧૬૦૦ ફુટની ઝડપે ગેાળીએા છેાડે છે; દરેક ગેાળીનું વજન એક ઔંસ છે. જો ગેસનું વેગમાન ધ્યાનમાં ન લેતાં તે બંદુક ઉપર ૧૨-૫ પૌંડનું સરેરાશ જોર આવે તેા ૨ મીનીટમાં તે બંદુક કેટલી ગેાળીએા છેાડતી હશે ?

૧૮. એક તેાપ જેનેા અંદરનેા વ્યાસ ૭ ઈંચ છે તેમાંથી ૧૨૫ પૌંડનાં વજનનેા દારૂગેાળેા છેાડતાં તે ગેાળેા ૧૨ ફુટનાં અંતરમાં દર

સેકન્ડે ૩૦૦૦ ફુટની ઝડપ (વેલોસીટી) મેળવે છે, તો તે ગોળો તોપમાંથી બહાર પડે તેટલા વખત સુધી તે ગોળાનાં તળીયાં (base) ઉપર આવતું ગેસનું સરેરાશ દબાણ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ શોધો?

૧૯. એક રેલવે ટ્રેનનું વજન એન્જીન વગર ૧૮૦ ટન છે. સ્ટેશન ઉપરથી તે ટ્રેનને સપાટ સડક ઉપર ચાલુ કરતાં ૪ મીનીટમાં તે દર કલાકે ૨૫ માઇલની ઝડપ મેળવે છે, તો એન્જીન અને ટ્રેન વચ્ચેનું સરેરાશ ખેંચાણ કેટલું હશે? ટ્રેકશન દર ટન દીઠ ૮ પૌંડ છે.

૨૦. એક હથોડી જેનાં માથાંનું વજન ૨ પૌંડ છે તે દર સેકન્ડે ૩૦ ફુટની ઝડપે ·૦૦૨ સેકન્ડમાં દાગીના ઉપર ફટકા માટે આવી પડે છે, તો ફટકાનું સરેરાશ જોર કેટલું હશે?

૨૧. એક સ્ટીમ હેમર (વરાળથી ચાલતા હથોડા)નું વજન ૨ ટન છે. હથોડાનાં માથાંને માત્ર ઉપાડવાનેજ માટે વરાળને નીચલી બાજુએથી દાખલ કરવામાં આવે છે અને તેને ૬ ફુટ ઉંચે ઉપાડી ત્યાંથી છુટથી નીચે પડવા દેવામાં આવે છે. ફટકાની મુદત એટલે દબાવવાની ક્રિયા દરમ્યાન હથોડો લોખંડને જેટલા વખત દરમ્યાન દબાવે છે તે વખત $\frac{1}{60}$ સેકન્ડ છે એમ ધારી લઈ ફટકા દરમ્યાન આ હથોડો કેટલું સરેરાશ દબાણનું જોર કરશે?

૨૨. એક રેલવે ટ્રેનનું વજન ૨૪૦ ટન છે અને ૧૦૦ એ ૧ના ઢાળવાળી સડકને મથાળે પહોંચતાં દર કલાકે ૩૦ માઈલની ઝડપ મેળવે છે અને ત્યારબાદ વરાળને એન્જીનમાં દાખલ થતી બંધ કરી તે પોતાની મેળે ઉતરાણ ઉપરથી નીચે આવે છે. જો ઢાળની લંબાઈ $\frac{1}{2}$ માઈલ હોય તો ઢાળની તળેટીએ તેની ઝડપ કેટલી હશે? ટ્રેકશન દર ટન દીઠ ૧૦ પૌંડ છે.

૨૩. એક પદાર્થ સ્થાઈ સ્થિતિએથી ઉપડે છે અને તેની ઝડપમાં દરેક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડ દીઠ ૮ ફુટની ઝડપના દરે વધારો થતો જાય છે તો તે પદાર્થને ૧૪૪ ફુટનું અંતર પસાર કરવા માટે કેટલો વખત લાગશે?

૨૪. એક ચાલતો પદાર્થ જ્યારે તે ૪૫ ફુટનું અંતર ચાલે છે તે દરમ્યાન તેની ઝડપ દરેક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડ દીઠ ૨ ફુટ ઘટતી જાય છે અને છેવટે તેની ઝડપ દર સેકન્ડે ૪ ફુટની છે, તો તે પદાર્થની શરૂઆતની ઝડપ (વેલોસીટી) કેટલી હશે ?

૨૫. જ્યારે ટ્રેનને અટકાવવા માટે બ્રેક લાગુ પાડવામાં આવી તે વેળાએ તે ટ્રેનની ઝડપ દર કલાકે ૪૦ માઈલ છે, અને જે અરસા દરમ્યાન બ્રેકને લાગુ પાડેલી રાખવામાં આવી તે દરમ્યાન તે ટ્રેન ૨૨૦ વાર ચાલીને ઉભી રહી. ઝડપમાં થતો ઘટાડો (રીટાર્ડેશન Retardation) એક સરખો છે એમ માની લેતાં બ્રેકને કેટલો વખત સુધી લગાડેલી રાખવામાં આવી હશે તે શોધો ?

૨૬. એક મોટરકારની ઝડપ એકેકથી ૪૦૦ ફુટ દુર ગોઠવેલા થાંભલાની સંખ્યાને પસાર કરવાના વખત તપાસીને નક્કી કરવામાં આવે છે. પહેલા અને બીજા થાંભલા વચ્ચેનું અંતર પસાર કરતાં ૧૬ સેકન્ડ લાગ્યા, અને બીજા અને ત્રીજા વચ્ચેનું અંતર પસાર કરતાં ૧૫ સેકન્ડ લાગ્યા. જો મોટરકારની ઝડપમાં થતો વધારો એટલે એકસેલરેશન એક સરખો હોય તો દરેક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડ દીઠ એકસેલરેશન (એટલે પ્રવેગ અથવા ઝડપમાં થતો વધારો) શોધો, અને વળી જે વેળાએ તે મોટરકાર પહેલો થાંભલો પસાર કરે છે તે વેળાએ તેની ઝડપ દર કલાકે કેટલા માઈલ હશે તે શોધો ?

૨૭. બે માણસો ૬ ટનનાં વજનનાં એક રેલવેનાં માલ ગાડાંને ગતિમાં મુકે છે. દરેક માણસ ૬૦ પૌંડનું ચાલુ જોર કરે છે. ઘર્ષણનો અવરોધ દર ટન દીઠ ૧૦ પૌંડ છે, તો એક મીનીટમાં તે માલગાડું સ્થાઈ સ્થિતિ ઉપરથી કેટલું અંતર પસાર કરશે ?

૨૮. એક તોપ જેની લંબાઈ ૮ ફુટ છે અને વજન ૫ ટન છે તેમાંથી ૧૦૦ પૌંડનાં વજનના એક દારૂગોળાને દર સેકન્ડે ૧૦૦૦ ફુટની ઝડપે છોડવામાં આવે છે, તો તે તોપ ઉપર આવતા ધક્કાની ગતિનો વેગ શોધો અને વળી ધડાકાનું સરેરાશ જોર શોધો ?

૨૯. એક લોકોમોટીવ એન્જીન જ્યારે દર કલાકે ૪૦ માઇલની ઝડપે દોડે છે ત્યારે તે પાટાઓની વચ્ચે મુકેલી પાણીથી ભરેલી પરનાળમાંથી પાણી ઉપાડી લે છે. જો ૫૦ સેકન્ડમાં ૫ ટન વજનનાં પાણીના જથ્થાને ઉપાડવામાં આવે અને એન્જીનની ઝડપમાં કશો ફેરફાર ન થાય, તો એન્જીનને કેટલો વધારાનો અવરોધ નડતો હશે તે શોધો ?

૩૦. એક બંદુક દર સેકન્ડે ૧૫૦૦ ફુટની ઝડપે એક મીનીટમાં ૩૨૦ ગોળીઓ છોડે છે. દરેક ગોળીનું વજન ·૦૨૫ પૈાંડ છે, તો ગેસનું વેગમાન ધ્યાનમાં ન લેતાં તે બંદુક ઉપર ઉલટી દિશામાં કાર્ય કરતું જોર શોધો ?

૩૧. પાણીનો એક ફુંવારો (જેટ jet) દર સેકન્ડે ૪૦ ફુટની ઝડપે એક સેકન્ડમાં ૬૦ પૈાંડ પાણી છોડે છે. એક પ્લેટ જેને એવી રીતે સજ્જડ કરેલી છે કે તેનું ક્ષેત્ર ફુંવારાની પીચકારી (જેટ)ને કાટખુણે આવેલું છે તેની સાથે ફુંવારાની પાણીની પીચકારી અઠડે છે, તો પ્લેટ ઉપર આવતું દબાણ શોધો ?

પ્રકરણ ૨જું

બદ્ધ શક્તિ (પોટેન્શીઅલ એનર્જી). વેગીય શક્તિ (કાઈનેટીક એનર્જી).

એનર્જી (energy).—એનરજી એટલે કામ કરવાની શક્તિ.

પોટેન્શીઅલ એનર્જી (potential energy બદ્ધ શક્તિ).—પોટેન્શીઅલ એનર્જી એ શક્તિનું રૂપ છે જે એક પદાર્થમાં પોતાનાં સ્થાન અથવા પોતાની સ્થિતિને લીધે હોય છે. દાખલા તરીકે, જ્યારે ૧૦ પૌંડનાં વજનના એક પદાર્થને ૧૦ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવામાં આવે છે ત્યારે તે પદાર્થમાં ૧૦૦ ફુટ–પૌંડની પોટેન્શીઅલ એનર્જી હોય છે, કારણ કે તે ૧૦ પૌંડનાં વજનને ૧૦ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવા માટે જોઈતા કામના જથ્થા જેટલું કામ લે છે; અને ત્યારબાદ જો તેને ઉંચેથી પડવા દેવામાં આવે તો તે કુદરતી રીતે તેટલોજ કામનો જથ્થો ઘર્ષણનો અવરોધ દૂર કરવામાં પાછો આપી દે છે, અથવા જો તે છુટથી નીચે પડયો હોત તો તેને તેટલુંજ કામ કરવામાં ઉપયોગી રીતે કામે લગાડી શકાયો હોત.

પોટેન્શીઅલ એનર્જી પદાર્થની સ્થિતિને લીધે પણ હોય છે; જેમકે, ઘડીઆળની ગુંચળું વાળેલી (coiled) સ્પ્રીંગમાંની પોટેન્શીઅલ એનર્જી જ્યારે તે સ્પ્રીંગને ચાવી આપી વિંટાળેલી હોય ત્યારે તે ઘડીઆળનાં યંત્ર કામને ચલાવવાનું કામ કરે છે. વળી આપણને કોલસાના ગાંગડામાંની પોટેન્શીઅલ એનર્જીનો દાખલો મળે છે કે જ્યારે

તે કોલસાના ગાંગડાને બાળવામાં આવે ત્યારે તે ઉષ્ણુતા આપી દે છે, જે ઉષ્ણુતા કામ કરવા માટે વરાળ યંત્ર (સ્ટીમ એન્જીન)માં વાપરવાની વરાળને ઉત્પન્ન કરશે. અથવા ઈલેકટ્રીક બેટરીની બાબતમાં જેમાં ત્રાંબાની પ્લેટને કોપર સલ્ફેટમાં અને જસતની પ્લેટને ઝીંક સલ્ફેટમાં મુકેલી હોય છે તેમાં ઈલેકટ્રીક મોટરને તાર વડે યોગ્ય રીતે જોડવાથી વિજળીક શક્તિ આપે છે, જે શક્તિનું મોટર વડે કામમાં રૂપાંતર થઈ શકે અને તેથી કાંઈ ઉપયોગી હેતુ પાર પડે છે.

કાઈનેટીક એનર્જી (kinetic energy વેગીય શક્તિ).—કાઈનેટીક એનર્જી શક્તિનું રૂપ છે જે એક પદાર્થમાં પોતાની ગતિને લીધે હોય છે. દાખલા તરીકે, પોટેન્શીઅલ એનર્જીના પહેલા ઉદાહરણમાં ૧૦ પૌંડનાં વજનને ૧૦ ફુટની ઉંચાઈએથી છુટથી નીચે પડતાં પોતાની ગતિને લીધે પોતાની અંદર ૧૦૦ ફુટ-પૌંડની બરાબરનાં એકઠાં થયલાં કામનો જથ્થો સંઘરી મુકયો હતો.

સંચિત કામ અથવા એકઠું થયલું કામ (accumulated work).—જો W પૌંડનાં વજનના એક પદાર્થને h ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવામાં આવે તો એકઠી થયલી પોટેન્શીઅલ એનર્જી = W h ફુટ-પૌંડ.

હવે જો તે પદાર્થને ગુરૂત્વાકર્ષણનાં કાર્ય વડે h ફુટ નીચે છુટથી પડવા દેવામાં આવે, તો t સેકન્ડનાં વખતનાં અંતે તે દર સેકન્ડે v ફુટની ગતિ મેળવશે.

નીચે પડતા પદાર્થો માટે આગળ આપેલી ફોરમ્યુલા તપાસતાં આપણને માલમ પડશે કે—

$$v = \sqrt{૨ g h}, \therefore v^૨ = ૨ g h$$

$$\therefore h = \frac{v^૨}{૨g}$$

નષ્ટ થયલી પોટેન્શીઅલ એનર્જી = મેળવેલી કાઈનેટીક એનર્જી.

$$\therefore \ Wh = \frac{Wv^૨}{૨g}$$

તેટલા માટે ચાલતા પદાર્થોમાં સંચિત કામ એટલે એકઠું થયલું કામ અથવા કાઇનેટીક એનર્જી નીચલી ફોરમ્યુલા વડે દર્શાવવામાં આવે છે:—

$$\text{કાઇનેટીક એનર્જી} = \frac{Wv^2}{2g}$$

દાખલો ૧.—૪૨૦ પૌંડનાં વજનને ૩૦ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવામાં આવે છે, તો તેની પોટેન્શીઅલ એનર્જી શોધો ? વળી તે વજન આ આપેલી ઉંચાઇએથી નીચે પડતાં દર સેકન્ડે કેટલી ઝડપ મેળવશે તે શોધો, અને તેમાં એકઠું થયલું કામ અથવા કાઇનેટીક એનર્જી શોધો ?

$$\text{પોટેન્શીઅલ એનર્જી} = Wh = ૪૨૦ \times ૩૦ = \underline{૧૨૬૦૦ \text{ ફુટ–પૌંડ}}$$

$$v^2 = 2gh = ૨ \times ૩૨ \times ૩૦ = ૧૯૨૦$$

$$\therefore v = \sqrt{૧૯૨૦} = \underline{૪૩\cdot૮૧ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}}$$

$$\text{કાઈનેટીક એનર્જી} = \frac{Wv^2}{2g} = \frac{૪૨૦ \times ૧૯૨૦}{૨ \times ૩૨}$$

$$= \underline{૧૨૬૦૦ \text{ ફુટ–પૌંડ}}$$

દાખલો ૨.—એક હથોડીનું માથું જેનું વજન ૨ પૌંડ છે તે ફટકો પડતી વેળા દર સેકન્ડે ૪૦ ફુટની ઝડપે દાગીના ઉપર આવી પડે છે, તો તેમાં કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી સમાયલી હશે ?

$$\text{કાઇનેટીક એનર્જી} = \frac{Wv^2}{2g} = \frac{૨ \times ૪૦ \times ૪૦}{૨ \times ૩૨} = \underline{૫૦ \text{ ફુટ–પૌંડ}}$$

દાખલો ૩.—એક વરાળની મદદ વડે ચાલતા હથોડા (સ્ટીમ હેમર)નાં માથાંનું વજન ૫૦૦ પૌંડ છે, અને તેને દરેક ફટકાની પૂર્વે દાગીનાની ઉપર ૩ ફુટ ઉંચે ચઢાવવામાં આવે છે, તો જ્યારે હથોડાનું માથું દાગીનાની નજદીક આવી પડે તે વેળાએ તેની કાઇનેટીક એનર્જી કેટલી હશે ? એમ માની લેવાનું છે કે ઘર્ષણને લીધે થતી ખોટ બીલકુલ નથી અને વરાળ હથોડાનું માથું માત્ર ઉપાડવા માટેજ વપરાય છે.

$$v^2 = ૨gh = ૨ \times ૩૨ \times ૩ = ૧૯૨$$

$$\text{કાઈનેટીક એનર્જી} = \frac{Wv^2}{૨g} = \frac{૫૦૦ \times ૧૯૨}{૨ \times ૩૨} = \underline{૧૫૦૦ \text{ ફુટ-પૌંડ.}}$$

દાખલો ૪.—એક ૨ ટનના વરાળથી ચાલતા હથોડા (સ્ટીમ હેમર)ને દરેક ફટકાની પૂર્વે ૮ ફુટ ઉંચે ચઢાવવામાં આવે છે, તો આ ઉપાડેલાં વજનમાં સમાયલું કામ શોધો. જો આ અંતરેથી તે હથોડાને નીચે પાડવામાં આવે તો તે હથોડો દાગીનાની નજદીક આવી પડતાં દર સેકન્ડે કેટલી ઝડપ મેળવશે ?

પોટેન્શીઅલ એનર્જી $= Wh = ૨ \times ૨૨૪૦ \times ૮ =$ <u>૩૫૮૪૦ ફુટ-પૌંડ.</u>

$$v^2 = ૨\ gh = ૨ \times ૩૨ \times ૮ = ૫૧૨$$

$$\therefore v = \sqrt{૫૧૨} = \underline{૨૨\cdot૬૨ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}}$$

અથવા

$$\text{કાઈનેટીક એનર્જી} = \text{પોટેન્શીઅલ એનર્જી}$$

$$\frac{Wv^2}{૨\ g} = Wh$$

$$\therefore v^2 = \frac{Wh \times ૨g}{W} = ૨gh$$

$$= ૨ \times ૩૨ \times ૮ = ૫૧૨$$

$$\therefore v = \sqrt{૫૧૨} = \underline{૨૨\cdot૬૨ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}}$$

દાખલો ૫.—એક વરાળથી ચાલતો હથોડો (સ્ટીમ હેમર) જેનું વજન ૨ ટન છે તે ૬ ફુટની ઉંચાઈથી લોખંડના દાગીના ઉપર આવી પડે છે અને તે જે લોખંડ ઉપર પડે છે તેને $૧\frac{૧}{૨}$ ઈંચ દબાવી દે છે, તો દબાવવાની ક્રિયા દરમ્યાન તે લોખંડ ઉપર કરવામાં આવતું સરેરાશ જોર શોધો ?

$$v^2 = ૨\ gs = ૨ \times ૩૨ \times ૬ = ૩૮૪$$

હથોડામાં સમાયલું કામ = હથોડા વડે આપવામાં આવતું કામ.

પણ, હથોડા વડે આપવામાં આવતું કામ = જે પળે હથોડો લોખંડને લાગે છે તે વેળાની કાઈનેટીક એનર્જી + ૧$\frac{1}{2}$ ઈંચ સુધી હથોડો નીચે ઉતરતાં થતું કામ.

$$\therefore R \times h = \frac{Wv^{૨}}{૨g} + W \times h$$

$$R \times \frac{૩}{૨ \times ૧૨} = \frac{૨ \times ૩૮૪}{૨ \times ૩૨} + ૨ \times \frac{૩}{૨ \times ૧૨}$$

$$R \times \frac{૧}{૮} = ૧૨ + \frac{૧}{૪}$$

$$\therefore R = \frac{૪૯ \times ૮}{૪ \times ૧} = \underline{૯૮\ \text{ટન}}$$

જો W પૌંડના એક પદાર્થને સંપૂર્ણ લીસી સપાટી ઉપર l ફુટનાં અંતર સુધી F પૌંડનાં જોર વડે આગળ હડસેલવામાં આવે જેથી એક સેકન્ડમાં દર સેકન્ડ દીઠ a ફુટનું એક્સેલરેશન એટલે પ્રવેગ ઉત્પન્ન થાય; ત્યારે આગળ આપેલી ફોરમ્યુલા પ્રમાણે—

$$F : W :: a : g$$

$$\therefore F = \frac{Wa}{g}$$

$$\text{અને } l = \frac{v^{૨}}{૨a}$$

પણ l ફુટનાં અંતરે થયલું કામ = $F \times l$ = પોટેન્શીઅલ એનર્જી છે, માટે

$$F \times l = \frac{Wa}{g} \times \frac{v^{૨}}{૨a}$$

$$\therefore F \times l = \frac{Wv^{૨}}{૨g} \text{ ફુટ–પૌંડ}$$

તેટલા માટે આ બાબતમાં ચાલતા પદાર્થમાં એકઠું થયલું કામ અથવા કાઈનેટીક એનર્જી નીચલી ફોરમ્યુલા વડે દર્શાવવામાં આવશે:—

$$\text{કાઈનેટીક એનર્જી} = \frac{Wv^{૨}}{૨g}$$

દાખલો ૬.—૧૬૦ ફુટનું એક વજન દર સેકન્ડે ૨૦ ફુટની ઝડપે ચાલે છે, તો તેની કાઇનેટીક એનર્જી શોધો ?

$$\text{કાઈનેટીક એનર્જી} = \frac{Wv^2}{2g} = \frac{૧૬૦ \times ૨૦ \times ૨૦}{૨ \times ૩૨}$$

$$= \underline{૧૦૦૦ \text{ ફુટ–પૈાંડ}}$$

દાખલો ૭.—એક વહાણનું વજન ૧૫૦૦૦ ટન છે, તો જ્યારે તે વહાણ ૨૦ નૉટની ઝડપે ચાલે ત્યારે તેમાં કેટલી કાઈનેટીક એનર્જી હશે ?

૧ નૉટ એટલે દરીઆઈ માઇલ = ૬૦૮૦ ફુટ દર કલાકે.

$$\text{દર સેકન્ડે વહાણની ગતિ એટલે વેલોસીટી} = \frac{૨૦ \times ૬૦૮૦}{૬૦ \times ૬૦}$$

$$= \frac{૩૦૪}{૯} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

$$\text{કાઈનેટીક એનર્જી} = \frac{Wv^2}{2g} = \frac{૧૫૦૦૦ \times ૩૦૪ \times ૩૦૪}{૨ \times ૩૨ \times ૯ \times ૯}$$

$$= \underline{૨૬૭૪૦૭.૪ \text{ ફુટ–ટન}}$$

દાખલો ૮.—એક બંદુકની ગોળી જેનું વજન ૧ ઔંસ છે તે દર સેકન્ડે ૧૨૮૦ ફુટની ઝડપે બંદુકની નળીમાંથી બહાર નીકળે છે, તો તે ગોળીની કાઈનેટીક એનર્જી ફુટ–પૈાંડમાં શોધો ?

$$\text{કાઈનેટીક એનર્જી} = \frac{Wv^2}{2g} = \frac{૧ \times ૧૨૮૦ \times ૧૨૮૦}{૧૬ \times ૨ \times ૩૨}$$

$$= \underline{૧૬૦૦ \text{ ફુટ–પૈાંડ}}$$

દાખલો ૯.—એક પદાર્થ જેનું વજન ૧૨ પૈાંડ છે તે દર સેકન્ડે ૬૦ ફુટની ઝડપે ચાલે છે અને તેને નડતો ૩ પૈાંડનો અવરોધ દુર કરે છે, તો તે પદાર્થ વિશ્રામ સ્થિતિએ આવવાની પૂર્વે એટલે ઉભો રહેવાની પૂર્વે કેટલું અંતર પસાર કરશે ?

$$\text{પોટેન્શીઅલ એનર્જી} = \text{અવરોધ} \times \text{અંતર} = R \times l = ૩ \times l$$

પોટેન્શીઅલ એનર્જી = કાઇનેટીક એનર્જી

$$૩ \times l = \frac{Wv^૨}{૨g}$$

$$૩ \times l = \frac{૧૨ \times ૬૦ \times ૬૦}{૨ \times ૩૨}$$

$$\therefore\ l = \frac{૧૨ \times ૬૦ \times ૬૦}{૩ \times ૨ \times ૩૨} = \underline{૨૨૫ \text{ ફુટ}}$$

દાખલો ૧૦.—એક રેલવે ટ્રેનનું વજન ૬૦ ટન છે, અને જ્યારે વરાળને એન્જીનમાં દાખલ થતી બંધ કરવામાં આવી તે વેળાએ તેની ઝડપ દર કલાકે ૨૫ માઇલ છે. જો ઘર્ષણનો ગુણક (કોએફીશન્ટ ઓફ્ ફ્રીકશન) ·૦૦૩૫ હોય તો સપાટ સડક ઉપર તે ઉભી રહેવાની પૂર્વે કેટલે દુર ચાલી જશે ?

$$\text{દર સેકન્ડે ટ્રેનની ઝડપ એટલે વેલોસીટી} = \frac{૨૫ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦}$$

$$= \frac{૧૧૦}{૩} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

$$\text{ઘર્ષણનો અવરોધ } R = \frac{૬૦ \times ૩૫}{૧૦૦૦૦} = \frac{૨૧}{૧૦૦} \text{ ટન}$$

પોટેન્શીઅલ એનર્જી = કાઇનેટીક એનર્જી

$$R \times l = \frac{Wv^૨}{૨g}$$

$$\frac{૨૧}{૧૦૦} \times l = \frac{૬૦ \times ૧૧૦ \times ૧૧૦}{૨ \times ૩૨ \times ૩ \times ૩}$$

$$\therefore\ l = \frac{૬૦ \times ૧૧૦ \times ૧૧૦ \times ૧૦૦}{૨ \times ૩૨ \times ૩ \times ૩ \times ૨૧}$$

$$= \underline{૬૦૦૨ \text{ ફુટ}}$$

દાખલો ૧૧.—સ્ટેશન નજદીક આવતાં જ્યારે વરાળને એક ટ્રેનનાં એન્જીનમાં દાખલ થતી બંધ કરવામાં આવી તે વેળાએ તે ટ્રેનની ઝડપ દર કલાકે ૩૦ માઇલ છે, તો સપાટ સડક ઉપર દોડતાં ૭૦૦ વારમાં

તે ટ્રેનને થોભાવવા માટે બ્રેક વડે દર ટન દીઠ કેટલા પૌંડનો ઘર્ષણનો અવરોધ લાગુ પાડવો જોઇએ ? વળી તેટલાજ બ્રેક પાવર (એટલે બ્રેક વડે ઉત્પન્ન કરવામાં આવતાં ઘર્ષણ)થી ૧૦૦એ ૧નાં ઢાળવાળી સડક ઉપર ચઢતાં અને તે ઉપરથી નીચે ઉતરતાં તે ટ્રેન કેટલું અંતર પસાર કરશે ?

(૧) ધારો કે ટ્રેનનું વજન = ૧ ટન

$$\text{દર સેકન્ડે ટ્રેનની ઝડપ} = \frac{૩૦ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦} = ૪૪ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

પોટેન્શીઅલ એનર્જી = કાઇનેટીક એનર્જી

$$R \times l = \frac{Wv^2}{૨g}$$

$$R \times ૭૦૦ \times ૩ = \frac{૧ \times ૨૨૪૦ \times ૪૪ \times ૪૪}{૨ \times ૩૨}$$

$$\therefore R = \frac{૧ \times ૨૨૪૦ \times ૪૪ \times ૪૪}{૭૦૦ \times ૩ \times ૨ \times ૩૨}$$

$$= \underline{૩૨\cdot૨૬ \text{ પૌંડ દર ટન દીઠ}}$$

(૨) બ્રેક વડે ઉત્પન્ન થતો ઘર્ષણનો અવરોધ દર ટન વજન દીઠ ૩૨·૨૬ પૌંડ છે.

ઢાળ ૧૦૦ એ ૧નો છે, માટે ગુરૂત્વાકર્ષણને લીધે થતો અવરોધ દર ટન દીઠ = $\frac{૨૨૪૦}{૧૦૦}$ = ૨૨·૪ પૌંડ દર ટન દીઠ.

∴ ઢાળવાળી સડક ઉપર ચઢતાં નડતો કુલ અવરોધ

= ૩૨·૨૬ + ૨૨·૪ = ૫૪·૬૬ પૌંડ દર ટન દીઠ.

$$R \times l = \frac{Wv^2}{૨g}$$

$$૫૪\cdot૬૬ \times l = \frac{૧ \times ૨૨૪૦ \times ૪૪ \times ૪૪}{૨ \times ૩૨}$$

$$\therefore l = \frac{\text{૧} \times \text{૨૨૪૦} \times \text{૪૪} \times \text{૪૪}}{\text{૨} \times \text{૩૨} \times \text{૫૪·૬૬}}$$

$$= \text{૧૨૩૯·૬ ફુટ} = \underline{\text{૪૧૩·૨ વાર}}$$

અથવા

પૌંડ દર ટન દીઠ		પૌંડ દર ટન દીઠ		વાર		
૫૪·૬૬	:	૩૨·૨૬	::	૭૦૦	:	અંતર

(પસાર થતાં અંતર અવરોધનાં વ્યસ્ત પ્રમાણુમાં છે).

$$\therefore \text{અંતર} = \frac{\text{૩૨·૨૬} \times \text{૭૦૦}}{\text{૫૪·૬૬}} = \underline{\text{૪૧૩·૨ વાર}}$$

(૩) ઢાળ ઉપરથી નીચે ઉતરતાં નડતો કુલ અવરોધ = ૩૨·૨૬ − ૨૨·૪ = ૯·૮૬ પૌંડ દર ટન દીઠ.

અંતરો અવરોધોનાં વ્યસ્ત પ્રમાણુમાં છે, માટે

પૌંડ દર ટન દીઠ		પૌંડ દર ટન દીઠ		વાર		
૯·૮૬	:	૩૨·૨૬	::	૭૦૦	:	અતર

$$\therefore \text{અંતર} = \frac{\text{૩૨·૨૬} \times \text{૭૦૦}}{\text{૯·૮૬}} = \underline{\text{૨૨૯૦·૨૬ વાર}}$$

દાખલો ૧૨.—એક લોકોમોટીવ એન્જીનનાં ટેન્ડર (tender) સાથે જોડેલી એક ઉભી પાઈપને નીચલે છેડેથી ચપટાં મોઢાં સાથના મોટા કડછાના આકારની બનાવેલી છે, અને તે સડક ઉપર મુકેલી પાણીથી ભરેલી પરનાળ (ટ્રોફ trough)માંથી પાણી ઉપાડી લે છે. જો એન્જીન અને ટેન્ડરની ઝડપ દર કલાકે ૨૨ માઇલ હોય તો તે ઉભી પાઈપમાં પાણી કેટલી ઉંચાઈએ ઉપર ચઢશે ?

$$\text{દર સેકન્ડે એન્જીન અને ટેન્ડરની ઝડપ} = \frac{\text{૨૨} \times \text{૫૨૮૦}}{\text{૬૦} \times \text{૬૦}}$$

$$= \frac{\text{૪૮૪}}{\text{૧૫}} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

$$v^2 = 2gs$$

$$\therefore S = \frac{v^2}{2g}$$

અથવા

$$Wh = \frac{Wv^2}{2g}$$

$$\therefore h = \frac{Wv^{૨}}{૨g \times W}$$

$$= \frac{v^{૨}}{૨g} = \frac{૪૮૪ \times ૪૮૪}{૨ \times ૩૨ \times ૧૫ \times ૧૫}$$

= <u>૧૬.૨૬ ફુટ પાણી ઉંચે ચઢશે.</u>

દાખલો ૧૩.—એક આગ હોલવવાના બંબા (ફાયર એન્જીન પમ્પ) સાથે એક નોઝલ (પાણીને ઉંચે ફેંકનારી શંકુ આકારની નળી) પુરી પાડેલી છે, જેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૧ ચોરસ ઇંચ છે. આ નોઝલમાંથી પાણીને દર સેકન્ડે ૧૩૦ ફુટની ઝડપે ફેંકવામાં આવે છે, તો ચાલતા ભાગોનાં ઘર્ષણથી થતી શક્તિની ખોટ ધ્યાનમાં ન લેતાં આ પમ્પ એટલે બંબાને ચલાવવા માટે એન્જીનના કેટલા હોર્સપાવર જોઈશે ? એક ઘનફુટ પાણીનું વજન ૬૨½ પૌંડ છે.

નોઝલનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૧ ચોરસઈંચ છે, અને એક સેકન્ડમાં પાણીના સ્થંભની ઉંચાઈ ૧૩૦ ફુટ છે, માટે એક સેકન્ડમાં પાણીના સ્થંભનું માપ:—

૧ ચો. ઈંચ ક્ષેત્રફળ × ૧૩૦ ફુટ ઉંચાઈ.

∴ એક સેકન્ડમાં ફેંકાતા પાણીના આ સ્થંભનું

ઘનમાપ $= \frac{૧}{૧૪૪} \times ૧૩૦ = \frac{૧૩૦}{૧૪૪}$ ઘનફુટ.

∴ એક સેકન્ડમાં ફેંકાતાં પાણીનું વજન $= \frac{૧૩૦}{૧૪૪} \times ૬૨.૫$

$= \frac{૪૦૬૨.૫}{૭૨}$ પૌંડ.

કાઈનેટીક એનર્જી $= \frac{Wv^{૨}}{૨g}$

$= \frac{૪૦૬૨.૫ \times ૧૩૦ \times ૧૩૦}{૭૨ \times ૨ \times ૩૨}$ ફુટ-પૌંડ એક સે.માં

∴ હોર્સપાવર $= \frac{૪૦૬૨.૫ \times ૧૩૦ \times ૧૩૦ \times ૬૦}{૭૨ \times ૨ \times ૩૨ \times ૩૩૦૦૦}$ = <u>૨૭ હોર્સપાવર</u>

દાખલો ૧૪.—એક તોપના ગોળામાં દર સેકન્ડે ૩૦૦૦ ફુટની ઝડપે ૧૬૭૦૦૦૦ ફુટ-પૌંડ કાઈનેટીક એનર્જી છે. પાછળથી તેની ઝડપ ઘટીને દર સેકન્ડે માત્ર ૨૦૦૦ ફુટની થઈ, તો કેટલી કાઈનેટીક એનર્જી તેણે ગુમાવી હશે ?

કાઈનેટીક એનર્જી વેગ એટલે વેલોસીટીઝના વર્ગનાં પ્રમાણમાં છે, માટે

$$૩૦૦૦^2 : ૨૦૦૦^2 : : ૧૬૭૦૦૦૦ : \text{K. E.}$$ (ફુટ-પૌંડ)

$$\therefore \text{K. E} = \frac{૨૦૦૦ \times ૨૦૦૦ \times ૧૬૭૦૦૦૦}{૩૦૦૦ \times ૩૦૦૦} = ૭૪૨૨૨૨ \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

∴ ગુમાવેલી કાઈનેટીક એનર્જી = ૧૬૭૦૦૦૦−૭૪૨૨૨૨
= ૯૨૭૭૭૮ ફુટ-પૌંડ.

દાખલો ૧૫.—જ્યારે એક ટ્રેકશન એન્જીનનાં ફ્લાઈવ્હીલની ફરવાની ઝડપ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટા ઉપરથી ઘટીને ૧૪૦ આંટા થાય છે, ત્યારે (આખાં એન્જીન તેમજ ફ્લાઈ વ્હીલની ગતિ ઉપરની) કાઈનેટીક એનર્જીની ખોટ ૨૫૦૦૦ ફુટ-પૌંડ થાય છે. જો ફરવાની ઝડપ દર મીનીટે ૧૬૦ આંટા હોય અને એન્જીન તથા તે સાથે જોડેલાં ટ્રક (ખુલ્લાં માલ ગાડાં)નું વજન ૩૦ ટન હોય તથા સપાટ સડક ઉપર ચાલુ ઘર્ષણનો અવરોધ દર ટન દીઠ ૨૦ પૌંડ હોય તો તે એન્જીન સ્થિર થવાની પૂર્વે ૧૦૦એ ૧ના ઢાળવાળી સડક ઉપર કેટલે દુર ચાલી જશે ?

ઘર્ષણનો અવરોધ = ૨૦ પૌંડ દર ટન દીઠ.

ગુરૂત્વાકર્ષણનો અવરોધ = $\frac{૨૨૪૦}{૧૦૦}$ = ૨૨·૪ પૌંડ દર ટન દીઠ.

∴ ઢાળ ઉપર ચઢતાં દર ટન દીઠ નડતો કુલ અવરોધ = ૨૦ + ૨૨·૪
= ૪૨·૪ પૌંડ.

∴ કુલ અવરોધ = ૪૨·૪ × ૩૦ = ૧૨૭૨ પૌંડ.

જો E = દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે એકઠી થતી કાઈનેટીક એનર્જી ફુટ પૌંડમાં.

∴ E − ૨૫૦૦૦ = દર મીનીટે ૧૪૦ આંટાની ઝડપે એકઠી થતી કાઈનેટીક એનર્જી ફુટ-પૌંડમાં.

$$E : (E - ૨૫૦૦૦) : : ૧૫૦^2 : ૧૪૦^2$$

$$૧૪૦ \times ૧૪૦ \times E = ૧૫૦ \times ૧૫૦ \times (E - ૨૫૦૦૦)$$

$$૧૯૬૦૦ \; E = ૨૨૫૦૦ \; E - ૨૨૫૦૦ \times ૨૫૦૦૦$$

$$૧૯૬૦૦ \; E - ૨૨૫૦૦ \; E = - ૫૬૨૫૦૦૦૦૦$$

$$૨૯૦૦ \; E = ૫૬૨૫૦૦૦૦૦$$

$\therefore E = \frac{૫૬૨૫૦૦૦૦૦}{૨૯૦૦} = \frac{૫૬૨૫૦૦૦}{૨૯}$ ફુટ–પૌંડ ૧૫૦ આંટાની ઝડપે

$૧૫૦^2 : ૧૬૦^2 : : \frac{૫૬૨૫૦૦૦}{૨૯}$: કાઇનેટીક એનર્જી.

$\therefore$ કાઇનેટીક એનર્જી $= \frac{૧૬૦ \times ૧૬૦ \times ૫૬૨૫૦૦૦}{૨૯ \times ૧૫૦ \times ૧૫૦}$

$\therefore$ કાઇનેટીક એનર્જી $= \frac{૬૪૦૦૦૦૦}{૨૯}$ ફુટ–પૌંડ ૧૬૦ આંટાની ઝડપે.

પોટેન્શીઅલ એનર્જી = કાઇનેટીક એનર્જી.

$$૧૨૭૨ \times l = \frac{૬૪૦૦૦૦૦}{૨૯}$$

$$\therefore l = \frac{૬૪૦૦૦૦૦}{૨૯ \times ૧૨૭૨} = \underline{૧૭૩{\cdot}૫ \text{ ફુટ}}$$

ફરતા પદાર્થમાં એકઠું થતું કામ.—જો W પૌંડનાં વજનના એક પદાર્થને ગતિનાં મધ્યબિંદુથી r ફુટનાં અંતરે એકાગ્ર કરવામાં આવે અને તેને દર સેકન્ડે v ફુટની ગતિની ઝડપ મળે એમ ફેરવવામાં આવે, ત્યારે

$$v = ૨ \pi rn,$$

એમાં n = દર સેકન્ડે આંટા એટલે રેવોલ્યુશનની સંખ્યા. એકઠું થયલું કામ એટલે કાઇનેટીક એનર્જી $= \frac{Wv^2}{૨g} = \frac{W \times ૨\pi rn \times ૨\pi rn}{૨g}$

$$= \frac{W \times ૪\pi^2 r^2 n^2}{૨g} \text{ ફુટ–પૌંડ.}$$

ફરતા પદાર્થમાં એકઠાં થતાં કામનો સારો ઉદાહરણ ફરતાં ફ્લાઈ વ્હીલમાં એકઠી થતી શક્તિ છે. જો એક સ્ટીમ એન્જીનનાં સીલીન્ડરમાં વરાળનું દબાણ અને કટ–ઓફનું બિંદુ નિયંત રાખવામાં આવે, અને તે એન્જીન વડે ચાલતા થોડાક સંચાઓ એટલે મશીનોને લુસ પુલી ઉપર પટો લઈ ચાલતા બંધ કરવામાં આવે, તો તે એન્જીન ઉપરનો ભાર (લોડ) ઓછો થશે, અને તેથી એન્જીનની ઝડપ વધવા માંડશે. પણ જો એન્જીન ઉપર ઘણું ભારે ફ્લાઈ વ્હીલ આપવામાં આવે, તો એન્જીનનું ફાલતુ વધારાનું જોર ફ્લાઈ વ્હીલમાં એકઠું થશે, જેથી જો કે એન્જીન ઓછા ભારે (લોડે) અથવા ભાર (લોડ) વિના ચાલતું હોય છતાં તેની ઝડપમાં એટલો બધો વધારો થશે નહીં. ટુંક વખત પછી જો તે મશીનોને પટાને ફાસ્ટ પુલી ઉપર લઈ એકાએક ફરીને ચાલુ કરવામાં આવે, ત્યારે એન્જીન ઉપર ભાર (લોડ) તેટલીજ ઝડપથી વધશે; પણ જોર માટેની આ ઓચિંતી માંગણીને પહોંચી વળવાને ફ્લાઈ વ્હીલમાંની એકઠી થયલી શક્તિ શક્તિમાન થશે, જેથી એન્જીનની ઝડપમાં ઝાઝો ફેરફાર થશે નહી. તેટલા માટે ફ્લાઈ વ્હીલ માત્ર ભાર (લોડ)ના ફેરફાર માટેજ નહી, પણ એન્જીનનાં સીલીન્ડરમાંનાં ફેરફાર થતાં વરાળનાં દબાણ માટે પણ ઝડપને નિયમિત કરનાર તરીકે કાર્ય કરે છે. આ વિશેષ કરીને ગેસ અને ઓઇલ એન્જીનની બાબતમાં લક્ષ આપવા લાયક છે, જેમાં સ્ટ્રોકની શરૂઆતમાં સીલીન્ડરમાંની ગેસનો લગભગ ક્ષણિક ધડાકો પુષ્કળ જોર ઉત્પન્ન કરે છે. આ જોર જો એન્જીન ઉપર ઘણું ભારે ફ્લાઈ વ્હીલ આપવામાં ન આવ્યું હોય તો પીસ્તનને વિજળીક ઝડપે જોરથી આગળ હડસેલશે. આ ઓચિંતાં ઉત્પન્ન થતાં પુષ્કળ જોરનો કેટલોક ભાગ ફ્લાઈ વ્હીલ એકઠો કરે છે અને જ્યારે ધડાકો ન થતો હોય ત્યારે વચલા સ્ટ્રોકસ દરમ્યાન તે ફરીને પાછો આપે છે; અને આ પ્રમાણે ઝડપનું એકસરખાપણું જાળવે છે; અને જો ગેસ અને ઓઇલ એન્જીન ઉપર ફ્લાઈ વ્હીલ બીલકુલ આપવામાં ન આવ્યું

હોત અથવાં માત્ર એક હલકું ફ્લાઈ વ્હીલ આપવામાં આવ્યું હોત તો ઝડપનાં આ સરખાપણાની ગેરહાજરી તુરત માલમ પડી આવતે. બેશક, ફ્લાઈ વ્હીલ વિના ગેસ અને ઓઈલ એન્જીનની ગતિ એટલી બધી અનિયમિત હોત કે જેથી ફ્લાઈ વ્હીલની મદદ વડે તે એન્જીનોનો જે ઘણાં કામો માટે વખાણવા જોગ રીતે બંધબેસ્તો ઉપયોગ કરી શકાય છે તેવો ઉપયોગ કરવાને અટકાવ નડતે.

પરિરેખા અથવા પરિવર્તનની ત્રિજ્યા (રેડીઅસ ઓફ્ જાઈરેશન Radius of Gyration).—એ તો સ્પષ્ટ થશે કે ફ્લાઈ વ્હીલ અથવા ગોળ ફરતા ચંદા (ડીસ્ક)ની બાબતમાં જે ભાગો ગતિનાં મધ્યબિંદુથી વધુ દુર હોય છે તે ભાગોએ તે બિંદુની વધુ નજદીક આવેલા તેટલાજ વજનના ભાગો કરતાં વધુ શક્તિ એકઠી કરવી જોઈએ, કારણ કે તેઓ વધુ ગતિના વેગે ચાલે છે. તોપણ દરેક ગોળ ફરતા પદાર્થ માટે એક પરિવર્તનની સરેરાશ ત્રિજ્યા અથવા સરેરાશ પરિરેખા હોય છે જેને "રેડીઅસ ઓફ્ જાઈરેશન" (Radius of Gyration) કહે છે, જે ગતિનાં મધ્યબિંદુથી એટલે દુર હોય છે કે જો તે પદાર્થનો સઘળો જથ્થો ત્યાં એકાગ્ર કરવામાં આવે તો દર મીનીટે તેટલીજ ઝડપે અથવા આંટાની સંખ્યાએ તેટલીજ કાઇનેટીક એનર્જી અથવા એકઠું થયલું કામ ઉત્પન્ન થશે. આ સરેરાશ ત્રિજ્યાની લંબાઈ ગોળ ફરતા પદાર્થના આકાર પ્રમાણે ફેરફાર થાય છે અને તેની ગણત્રી માટે ઉંચ ગણિતશાસ્ત્રનાં જ્ઞાનની જરૂર હોય છે; તેથી આપણે એમ માની લઈશું કે ફ્લાઈ વ્હીલની બાબતમાં તેની પરિરેખા અથવા પરિવર્તનની ત્રિજ્યા એટલે રેડીયસ ઓફ્ જાઈરેશન રીમનાં ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ આગળ છે, અથવા ગણવાના કોઈપણ દાખલામાં તે અંતર આપવામાં આવે છે.

ધારો કે, બે ફ્લાઈ વ્હીલ સરખા વ્યાસનાં છે અને દર મીનીટે આંટાની સરખી સંખ્યાની ઝડપે ફરે છે, પણ બીજાં ફ્લાઈ વ્હીલનું

વજન પહેલાં ફ્લાઇ વ્હીલનાં વજનથી બમણું છે અથવા વજનો W અને ૨W છે, તો પહેલાં ફ્લાઇ વ્હીલની કાઇનેટીક એનર્જી $=\frac{Wv^{૨}}{૨g}$ છે, અને બીજાંની કાઇનેટીક એનર્જી $=\frac{૨Wv^{૨}}{૨g}$ અથવા પહેલાં કરતાં બમણી છે.

વળી ધારો કે બે ફ્લાઇ વ્હીલો સરખા વ્યાસ અને વજનનાં છે, પણ આપેલા વખતમાં એક ફ્લાઇ વ્હીલ બીજાં ફ્લાઇ વ્હીલ કરતાં બમણા આંટાની ઝડપે ફરે છે, ત્યારે તેમની ગતિના વેગ એટલે વેલોસીટીઝનું પ્રમાણ ૧ : ૨ છે, અથવા તેમની ગતિના વેગ v અને ૨v છે, તો પહેલાં ફ્લાઇ વ્હીલની કાઇનેટીક એનર્જી $=\frac{Wv^{૨}}{૨g}$ છે, અને બીજાંની કાઇનેટીક એનર્જી $=\frac{W(૨v)^{૨}}{૨g}=\frac{૪Wv^{૨}}{૨g}$ અથવા પહેલાં કરતાં ચારગણી છે.

વળી ધારો કે બે ફ્લાઇ વ્હીલ સરખા વજનનાં છે અને બન્નેની ફરવાની ઝડપ સરખી છે એટલે અમુક વખતમાં બન્નેના આંટા (રેવોલ્યુશન)ની સંખ્યા સરખી છે, પણ બીજાં ફ્લાઇ વ્હીલની રેડીઅસ ઓફ જાઇરેશન પહેલાં ફ્લાઇ વ્હીલ કરતાં બમણી છે, ત્યારે તેમની આ ત્રિજ્યાઓ k અને ૨ k છે, અને પરિરેખા અથવા પરિવર્તનની ત્રિજ્યા એટલે રેડીઅસ ઓફ જાઇરેશન સરળ વેગ (લીનીઅર વેલોસીટી)નાં પ્રમાણમાં છે, માટે તેમને v અને ૨v વડે દર્શાવી શકાય, તો પહેલાં ફ્લાઈ વ્હીલની કાઈનેટીક એનર્જી $=\frac{Wv^{૨}}{૨g}$ છે, અને બીજાંની કાઈનેટીક એનર્જી $=\frac{W(૨v)^{૨}}{૨g}=\frac{૪Wv^{૨}}{૨g}$, અથવા પહેલાં કરતાં ચારગણી છે.

જો $v_{૧}$ = ફ્લાઈ વ્હીલનાં રીમનો સૌથી વધુમાં વધુ વેગ હોય,
અને $v_{૨}$ = રીમનો સૌથી ઓછામાં ઓછો વેગ હોય,
ત્યારે ઉત્પન્ન થતી કાઈનેટીક એનર્જી $=\frac{W(v_{૧}^{૨}-v_{૨}^{૨})}{૨g}$.

દાખલો ૧૬.—એક ફ્લાઈ વ્હીલની રીમનું વજન ૧½ ટન છે, અને તેના જથ્થાનો સરેરાશ સરળવેગ એટલે લીનીઅર વેલોસીટી દર સેકન્ડે ૨૪ ફુટ છે, તો તેમાં કેટલા ફુટ–પૌંડ અને કેટલા ફુટ–ટન કામ એકઠું થાય છે. જો તેમાં વધારાની ૩૦ ફુટ–ટન જેટલી શક્તિ એકઠી કરવી હોય તો તેનો સરળ વેગ એટલે લીનીઅર વેલોસીટી કેટલી વધારવી જોઈશે ?

(૧) એકઠું થયલું કામ એટલે કાઈનેટીક એનર્જી $= \dfrac{Wv^2}{2g}$

$$= \frac{\text{૩} \times \text{૨૪} \times \text{૨૪}}{\text{૨} \times \text{૩૨}} = \underline{\text{૧૩·૫ ફુટ–ટન}}$$

$$= \text{૧૩·૫} \times \text{૨૨૪૦} = \underline{\text{૩૦૨૪૦ ફુટ–પૌંડ.}}$$

(૨) કુલ શકિત = ૧૩·૫ + ૩૦ = ૪૩·૫ ફુટ–ટન.

$$\frac{Wv^2}{2g} = \text{૪૩·૫}$$

$$\frac{\text{૩} \times v^2}{\text{૨} \times \text{૩૨}} = \text{૪૩·૫}$$

$$\therefore v^2 = \frac{\text{૪૩·૫} \times \text{૨} \times \text{૩૨}}{\text{૩}} = \text{૧૮૫૬}$$

$$\therefore v = \sqrt{\text{૧૮૫૬}} = \underline{\text{૪૩·૦૮ ફુટ દર સેકન્ડે}}$$

દાખલો ૧૭.—એક ફ્લાઈ વ્હીલનો સરેરાશ વ્યાસ ૧૨ ફુટ છે અને તેનું વજન ૮ ટન છે. જો તે ફ્લાઈ વ્હીલ દર મીનીટે ૯૦ આંટાની ઝડપે ફરે તો તેમાં કેટલી કાઈનેટીક એનર્જી એકઠી થશે ?

દર સેકન્ડે વેગ એટલે વેલોસીટી $= \dfrac{\text{૧૨} \times \text{૨૨} \times \text{૯૦}}{\text{૭} \times \text{૬૦}} = \dfrac{\text{૩૯૬}}{\text{૭}}$ ફુટ.

કાઈનેટીક એનર્જી $= \dfrac{Wv^2}{2g} = \dfrac{\text{૮} \times \text{૨૨૪૦} \times \text{૩૯૬} \times \text{૩૯૬}}{\text{૨} \times \text{૩૨} \times \text{૭} \times \text{૭}}$

$$= \underline{\text{૮૯૬૦૯૧૪૩ ફુટ – પૌંડ}}$$

દાખલો ૧૮.—એક ફ્લાઈ વ્હીલની રીમનું વજન ૨ ટન છે; તે દર મીનીટે ૧૨૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે; અને તેની પરિરેખા અથવા પરિવર્તનની ત્રિજ્યા એટલે રેડીઅસ ઓફ જાઈરેશન ૮ ફુટ છે, તો તેમાં કેટલી કાઈનેટીક એનર્જી એકઠી થયલી હશે? જો રીમનું વજન બમણું કરીએ તો કાઈનેટીક એનર્જી કેટલી વધશે? જો તેનું વજન અને ફરવાની ઝડપ તેજ રાખી તેનો વ્યાસ બમણો કરીએ તો પહેલી બાબત સાથે સરખાવતાં આ બાબતમાં કામ પ્રમાણમાં કેટલું વધશે? જો આંટા (રેવોલ્યુશન) એટલે ફરવાની ઝડપ બમણી કરીએ તો જવાબ શું આવશે?

(૧) એક આંટામાં વેગ અથવા વેલોસીટી = ૮ × ૨ × ૩.૧૪૧૬

એક મીનીટમાં વેગ (વેલોસીટી) = ૮ × ૨ × ૩.૧૪૧૬ × ૧૨૦

$$\text{એક સેકન્ડમાં વેગ (વેલોસીટી)} = \frac{૮ \times ૨ \times ૩.૧૪૧૬ \times ૧૨૦}{૬૦}$$

$$= ૧૦૦.૫૩૧૨ \text{ ફુટ}$$

$$\text{કાઈનેટીક એનર્જી} = \frac{Wv^2}{2g} = \frac{૨\times૨૨૪૦\times૧૦૦.૫૩૧૨\times૧૦૦.૫૩૧૨}{૨ \times ૩૨}$$

$$= \underline{૭૦૭૪૫૬.૫૫૨ \text{ ફુટ–પૌંડ}}$$

(૨) કાઈનેટીક એનર્જી વજનનાં સાધાં પ્રમાણમાં છે, માટે વજન બેવડું કરવાથી કાઈનેટીક એનર્જી **બમણી** વધશે.

(૩) કાઇનેટીક એનર્જી વેગ (વેલોસીટી)ના વર્ગનાં પ્રમાણમાં છે, અને વેલોસીટી વ્યાસનાં પ્રમાણમાં છે, માટે વ્યાસ બમણો કરવાથી એનર્જી **ચારગણી** વધશે.

(૪) આંટા અથવા ફરવાની ઝડપ વેગ (વેલોસીટીઝ)નાં પ્રમાણમાં છે, માટે આંટા (રેવોલ્યુશન) બમણાં કરવાથી કાઈનેટીક એનર્જી **ચારગણી** વધશે.

દાખલો ૧૯.—જ્યારે એક ફ્લાઇ વ્હીલની ઝડપ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટા ઉપરથી ૧૪૭ આંટા સુધી ઘટાડવામાં આવે છે ત્યારે તે

૫૦૦૦ ફુટ–પૌંડ કાઇનેટીક એનર્જી ખોએ છે; તો તે ફલાઇ વ્હીલ જ્યારે દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરતું હોય ત્યારે તેમાં કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી હશે ?

ધારો કે x = જ્યારે ફલાઇ વ્હીલ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરે ત્યારે તેમાં એકઠી થયલી કાઈનેટીક એનર્જી ફુટ–પૌંડમાં.

$\therefore x - ૫૦૦૦$ = જ્યારે ફલાઇ વ્હીલની ઝડપ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટા ઉપરથી ૧૪૭ આંટા સુધી ઘટાડવામાં આવે છે તે વેળાએ તેમાં સમાયલી કાઇનેટીક એનર્જી.

વેગ (વેલોસીટીઝ)ના વર્ગનાં પ્રમાણમાં કાઇનેટીક એનર્જી છે, અને આંટાની સંખ્યા વેલોસીટીનાં પ્રમાણમાં છે, માટે

$$x : x - ૫૦૦૦ :: ૧૫૦^{૨} : ૧૪૭^{૨}$$
$$\therefore x \times ૧૪૭ \times ૧૪૭ = (x - ૫૦૦૦) \times ૧૫૦ \times ૧૫૦$$
$$૨૧૬૦૯x = ૨૨૫૦૦x - ૨૨૫૦૦ \times ૫૦૦૦$$
$$૨૧૬૦૯x = ૨૨૫૦૦x - ૧૧૨૫૦૦૦૦૦$$
$$૨૧૬૦૯x - ૨૨૫૦૦x = - ૧૧૨૫૦૦૦૦૦$$
$$૮૯૧x = ૧૧૨૫૦૦૦૦૦$$
$$\therefore x = \frac{૧૧૨૫૦૦૦૦૦}{૮૯૧} = \underline{૧૨૬૨૬૨\cdot૬ \text{ ફુટ–પૌંડ}}$$

દાખલો ૨૦.—એક શીઅરીંગ મશીન (shearing machine લોખંડની પ્લેટ, સળીઆ, વિગેરે કાપનારૂં યંત્ર)નું ફલાઈ વ્હીલ જ્યારે તે દર મીનીટે ૨૫૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે ત્યારે ૧૫૦૦૦૦ ફુટ–પૌંડ કાઇનેટીક એનર્જી પોતાની અંદર એકઠી કરે છે; તો દર મીનીટે ૨૦૦ આંટા (રેવોલ્યુશન) સુધીના ઝડપના ઘટાડા દરમ્યાન તે કેટલી કાઇ-નેટીક એનર્જી આપી દેશે ? જો આ આપી દેવામાં આવતી શક્તિના ૮૨ ટકા તે શીઅરીંગ મશીનને ૨ ઇંચના સ્ટ્રોક દરમ્યાન આપવામાં આવે તો તે મશીનની કાપનારી બ્લેડ અથવા પાના ઉપર તેને લીધે કેટલું સરેરાશ જોર આવશે ?

વેગના વર્ગનાં પ્રમાણમાં કાઇનેટીક એનર્જી છે, અને ફરવાની ઝડપ એટલે આંટાની સંખ્યા વેગનાં પ્રમાણમાં છે, માટે

$$૧૫૦૦૦૦ : E :: ૨૫૦^૨ : ૨૦૦^૨$$

$$E = \frac{૧૫૦૦૦૦ \times ૨૦૦ \times ૨૦૦}{૨૫૦ \times ૨૫૦}$$

= ૯૬૦૦૦ ફુટ–પૌંડ.

∴ ખોયલી કાઇનેટીક એનર્જી = ૧૫૦૦૦૦ − ૯૬૦૦૦

= ૫૪૦૦૦ ફુટ–પૌંડ.

પોટેન્શીઅલ એનર્જી = કાઇનેટીક એનર્જી

$$F \times \frac{૨}{૧૨} = ૫૪૦૦૦ \times \frac{૮૨}{૧૦૦}$$

$$\therefore F = \frac{૫૪૦૦૦ \times ૮૨ \times ૧૨}{૧૦૦ \times ૨} = ૨૬૫૬૮૦ \text{ પૌં.}$$

દાખલો ૨૧.—એક ચક્કર એટલે વ્હીલનું વજન ૨૦ પૌંડ છે અને તેની પરિરેખા અથવા પરિવર્તનની ત્રિજ્યા (રેડીઅસ ઓફ જાઇરેશન) ૧ ફુટ છે; તે એક મીનીટમાં ૬૦ આંટા ફરે છે; તેની ધરીનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે અને ઘર્ષણનો ગુણક (કોએફીશન્ટ ઓફ ફ્રીકશન) ·૦૫૮૯ છે; તો તે વ્હીલ એટલે ચક્કર ઉભું રહેવાની પૂર્વે કેટલા આંટા ફરશે ? જો ઉભું રહેવાની પૂર્વે તે વ્હીલ ૧૫ આંટા ફરે તો ઘર્ષણનો ગુણક (કોએફીશન્ટ ઓફ ફ્રીકશન) શોધો ?

$$\text{દર સેકન્ડે વ્હીલનો વેગ (વેલોસીટી)} = \frac{૧ \times ૨ \times ૩·૧૪૧૬ \times ૬૦}{૬૦}$$

= ૬·૨૮૩૨ ફુટ.

ધારોકે, N = વ્હીલ ઉભું રહેવાની પૂર્વે ફરતા આંટાની સંખ્યા.

$$\text{એક આંટામાં ધરીની ચાલ} = \frac{૧ \times ૩·૧૪૧૬}{૧૨} \text{ ફુટ.}$$

$$\therefore N \text{ આંટામાં ધરીની ચાલ} = \frac{૧ \times ૩·૧૪૧૬ \times N}{૧૨} \text{ ફુટ.}$$

ધરીની બેરીંગમાં થતાં ઘર્ષણને લીધે નડતો
અવરોધ $= R = ૨૦ \times \cdot૦૫૮૯$ પૌંડ.
ધરીની જે સપાટી ઉપર ઘર્ષણ થાય છે તેની

$$\text{ચાલ} = l = \frac{૧ \times ૩\cdot૧૪૧૬ \times N}{૧૨} \text{ ફુટ}$$

$$R \times L = \frac{Wv^૨}{૨g}$$

$$\frac{૨૦ \times \cdot૦૫૮૯ \times ૧ \times ૩\cdot૧૪૧૬ \times N}{૧૨} = \frac{૨૦ \times ૬\cdot૨૮૩૨ \times ૬\cdot૨૮૩૨}{૨ \times ૩૨}$$

$$\therefore N = \frac{૨૦ \times ૬\cdot૨૮૩૨ \times ૬\cdot૨૮૩૨ \times ૧૨}{૨૦ \times \cdot૦૫૮૯ \times ૧ \times ૩\cdot૧૪૧૬ \times ૨ \times ૩૨} = \underline{૪૦ \text{ આંટા.}}$$

આંટાની સંખ્યા ઘર્ષણના ગુણકનાં વ્યસ્ત પ્રમાણમાં છે, માટે
૧૫ : ૪૦ :: ·૦૫૮૯ : ઘર્ષણનો ગુણક

$$\therefore \text{ ઘર્ષણનો ગુણક} = \frac{૪૦ \times \cdot૦૫૮૯}{૧૫} = \underline{\cdot૧૫૭}$$

દાખલો ૨૨.—એક ફ્લાઈ વ્હીલની ઝડપ દર મીનીટે ૯૮ આંટા ઉપરથી ૧૦૨ આંટા સુધી વધે છે તે દરમ્યાન તે ફ્લાઇ વ્હીલ પોતાની અંદર ૧૨૦૦૦ ફુટ–પૌંડ શક્તિ એકઠી કરે છે, તો જ્યારે તે ફ્લાઇ વ્હીલ દર મીનીટે ૧૦૦ આંટાની ઝડપે ફરતું હોય ત્યારે તેમાં કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી હશે ?

ધારો કે, x = દર મીનીટે ૯૮ આંટાની ઝડપે એકઠી થતી કાઇનેટીક એનર્જી ફુટ–પૌંડમાં.

$\therefore x + ૧૨૦૦૦$ = દર મીનીટે ૧૦૨ આંટાની ઝડપે એકઠી થતી કાઈનેટીક એનર્જી ફુટ–પૌંડમાં.

$$x : (x + ૧૨૦૦૦) :: ૯૮^૨ : ૧૦૨^૨$$

$$x \times ૧૦૨ \times ૧૦૨ = (x + ૧૨૦૦૦) \times ૯૮ \times ૯૮$$

$$૧૦૪૦૪x = ૯૬૦૪x + ૧૧૫૨૪૮૦૦૦$$

$$૧૦૪૦૪x - ૯૬૦૪x = ૧૧૫૨૪૮૦૦૦$$

$$\therefore\ ૮૦૦x = ૧૧૫૨૪૮૦૦૦$$

$$\therefore\ x = \frac{૧૧૫૨૪૮૦૦૦}{૮૦૦}$$

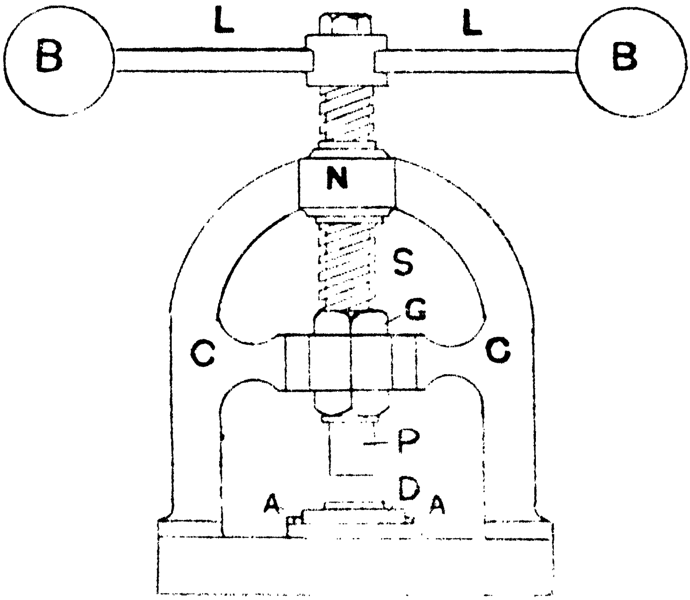
= ૧૪૪૦૬૦ ફુટ–પૌંડ ૯૮ આંટાની ઝડપે.

$૯૮^{૨}$: $૧૦૦^{૨}$ :: ૧૪૪૦૬૦ : કાઇનેટીક એનર્જી

$$\therefore\ \text{કાઇનેટીક એનર્જી} = \frac{૧૦૦ \times ૧૦૦ \times ૧૪૪૦૬૦}{૯૮ \times ૯૮}$$

= <u>૧૫૦૦૦૦ ફુટ–પૌંડ</u>

ફ્લાઈ પ્રેસ (Fly Press).—આ યંત્રમાં ગતિમાન પદાર્થમાં એકઠું થતું કામ જે ખાસ હેતુ પાર પાડવા માટે લાગુ



આકૃતિ ૧

પાડવામાં આવે છે તેનો દાખલો મળે છે. દાખલા તરીકે, ચાંદ (medals), સીક્કા, વિગેરે ઉપર જોઇતી છાપ પાડવા માટે અથવા ધાતુનાં જાડાં પત્રાં (પ્લેટ plates)માં પંચ વડે વેહ પાડવા માટે તે વપરાય છે. આકૃતિ ૧માં ફ્લાઈ પ્રેસનો એક આકાર બતાવ્યો છે, જે એક બીડનાં અંગ

(body) Cનો બનેલો છે જેનાં મથાળામાં નટ N રાખેલી છે જેમાં જાડા ચોરસ બેવડા આંટાવાળો (સ્કવેર ડબલ થ્રેડેડ) સ્ક્રુ S કાર્ય કરે છે. આ સ્ક્રુ Sના ઉપલા છેડા ઉપર એક લોખંડનું લીવર L બેસાડેલું છે જેના દરેક છેડા ઉપર બીડના ભારે ગોળાઓ (balls) B જોડેલા છે. કારીગર આ દડાઓ અથવા ગોળાઓ ઉપર જોર લાગુ પાડી તેને ઘણી ત્વરિત ઝડપે ગોળ ફેરવે છે. સ્ક્રુ Sને માર્ગ પ્રદર્શન કરવા માટે તેની સાથે એક ચોરસ સળીયો G જોડેલો છે જે બીડનાં અંગ Cમાંથી પસાર થાય છે, અને સ્ક્રુ S આ G ભાગથી સ્વતંત્ર ફરે છે. આ સળીયા G સાથે પંચ P સજ્જડ કરવામાં આવે છે, જે પંચને ગમે તો આંટા પાડી Gમાં આંટાવાળો વેહ પુરો પાડી તેમાં સજ્જડ બેસાડવામાં આવે છે અથવા તો Gમાં સાદો આંટા વિનાનો વેહ પુરો પાડી તેમાં સેટ સ્ક્રુની મદદ વડે સજ્જડ પકડવામાં આવે છે. ડાઈ (die) D પ્રેસના પાયા (base) ઉપર રહે છે અને તેને સ્ક્રુઝ Aની મદદ વડે તેનાં સ્થાને ગોઠવવામાં આવે છે જેથી કરીને ડાઈમાંના વેહ સાથે બરાબર સીધી લીટીમાં પંચને લાવી શકાય છે. જ્યારે ફ્લાઈ પ્રેસ પંચીંગ એટલે વેહ પાડવાનાં કામ માટે વપરાય છે ત્યારે તેને સીંગલ એટલે એકવડા આર્મવાળો બનાવવામાં આવે છે, જેથી કરીને ધાતુની પહોળી પ્લેટ (એટલે જાડાં પત્રાં) દાખલ કરી શકાય. પણ જ્યારે છાપ પાડવા માટે અથવા સીક્કા માટે તે વપરાય છે ત્યારે બીજી બાજુએ પણ આર્મ રાખવામાં આવે છે એટલે બેવડા આર્મવાળો બનાવવામાં આવે છે, જેથી પ્રેસનું બીડનું અંગ સ્ક્રુ Sની મધ્ય રેખાની બન્ને બાજુએ એકસરખું આવશે કે જેમ આકૃતિ ૧માં બતાવ્યું છે. આમ કરવાથી તેની મજબુતાઈ વધે છે. કેટલીકવાર લીવર અને દડાઓને બદલે એક ભારે ફ્લાઈ વ્હીલ આપવામાં આવે છે, અને તે ઉપર ઘણાએક હાથાઓ રાખી તે ઉપર માણસો જોર લાગુ પાડે છે.

છાપ અથવા વેહ પાડવા માટે જોઈતાં દબાણનું કામ કરવા માટે જે શક્તિ મળે છે તે જ્યારે સ્ક્રુને ઘણી ત્વરાથી ગોળ ફેરવવામાં આવે છે ત્યારે ભારે વજનના દડાઓ Bમાં અથવા ફ્લાઈ વ્હીલની રીમમાં એકઠી થયલી શક્તિ છે, અને તે શક્તિ પ્લેટનો અથવા સીક્કાઓ, વિગેરેને છાપ મારવાનો અવરોધ દુર કરવામાં ખર્ચ થાય છે.

ધારો કે, R = વેહ પાડતી વેળા અથવા સીક્કા ઉપર છાપ પાડતી વેળા દુર કરવામાં આવતો અવરોધ પૌંડમાં જે પ્લેટની સઘળી જાડાઇએ એક સરખો આવશે એમ માની લેવામાં આવે છે.

અને, l = ધાતુની અંદર પંચ અથવા ડાઈ જેટલી ધુસે છે તે ઉંડાઈ અથવા લંબાઈ ફુટમાં (આ બાબતમાં ધાતુની જે જાડાઈમાં પંચ અથવા ડાઈ ઉતરે છે તે જાડાઈ).

ત્યારે, થયલું કામ = Rl ફુટ–પૌંડ, અને દડાઓમાં એકઠી થયલી શક્તિ એટલે કાઇનેટીક એનર્જી = $\frac{Wv^2}{2g}$, એમાં W = દડાઓનું વજન પૌંડમાં, અને v = દર સેકન્ડે દડાઓની ગતિ ફુટમાં.

$$\text{ત્યારે } Rl = \frac{Wv^2}{2g}$$

$$\therefore R = \frac{Wv^2}{2gl}$$

દાખલો ૨૩.—એક ફ્લાઇ પ્રેસમાં લીવરને છેડે બેસાડેલા દરેક દડા (બોલ)નું વજન ૪૦ પૌંડ છે, અને તેને દર સેકન્ડે ૨૦ ફુટની ઝડપે ગોળ ફેરવવામાં આવે છે. જે પ્લેટમાં આરપાર વેહ પાડવાનો છે તેની જાડાઈ $\frac{1}{8}$ ઇંચ છે અને પંચ કરવાના વેહનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે, તો વેહ પાડતી વેળા નડતો સરેરાશ અવરોધ શોધો?

અવરોધ દુર કરવામાં થતું કામ=દડાઓની કાઇનેટીક એનર્જી.

$$Rl = \frac{Wv^{૨}}{૨g}$$

$$R \times \frac{૩}{૪} \times \frac{૧}{૧૨} = \frac{૨ \times ૪૦ \times ૨૦ \times ૨૦}{૨ \times ૩૨}$$

$$\therefore R = \frac{૨ \times ૪૦ \times ૨૦ \times ૨૦ \times ૪ \times ૧૨}{૨ \times ૩૨ \times ૩ \times ૧}$$

$$= \underline{૮૦૦૦ \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૨૪.—એક ફ્લાઈ પ્રેસમાં દરેક દડાનું વજન ૫૦ પૌંડ છે, અને દડાઓમાં એકઠું થયલું કામ ૪૦૦ ફુટ–પૌંડ છે, તો તે દડાઓ કેટલી ઝડપે ફરે છે તે શોધો?

$$Rl = \frac{Wv^{૨}}{૨g}$$

$$૪૦૦ = \frac{૨ \times ૫૦ \times v^{૨}}{૨ \times ૩૨}.$$

$$\therefore v^{૨} = \frac{૪૦૦ \times ૨ \times ૩૨}{૨ \times ૫૦} = ૨૫૬$$

$$\therefore v = \sqrt{૨૫૬} = \underline{\text{૧૬ ફુટ દર સેકન્ડે}}$$

દાખલો ૨૫.—એક ફ્લાઈ પ્રેસમાં દરેક દડાનું વજન ૩૨ પૌંડ છે અને તે દર સેકન્ડે ૨૫ ફુટની ઝડપે ફરી પ્લેટમાં વેહ પાડતી વેળા ૨૪૦૦૦ પૌંડનો અવરોધ દુર કરે છે, તો પ્લેટમાં પંચ કેટલી ઉંડાઈએ ઉતર્યો હશે?

$$Rl = \frac{Wv^{૨}}{૨g}$$

$$૨૪૦૦૦ \times l = \frac{૨ \times ૩૨ \times ૨૫ \times ૨૫}{૨ \times ૩૨}$$

$$\therefore l = \frac{૨ \times ૩૨ \times ૨૫ \times ૨૫}{૨ \times ૩૨ \times ૨૪૦૦૦}$$

$$= \frac{૫}{૧૯૨} \text{ ફુટ} = \underline{\frac{૫}{૧૬} \text{ ઇંચ}}$$

દાખલો ૨૬.—એક ફુલાઈ પ્રેસ $\frac{૩}{૮}$ ઈંચ જાડી નરમ પોલાદની પ્લેટમાં વેહ પાડવા માટે વપરાયો છે. જો કાપવા માટે જોઈતું જોર દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૨૦ ટન હોય તો તે પ્લેટમાં કેટલા ઈંચ વ્યાસનો વેહ પંચ વડે પાડી શકાશે? દરેક દડાનું વજન ૨૫ પૈાંડ છે જેને સ્ક્રુનાં મધ્યથી ૨૮ ઈંચ દુર લીવરને છેડે બેસાડેલા છે, અને તે દર મીનીટે ૫૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે; સ્ક્રુનો પીચ ૧ ઈંચ છે, અને પ્લેટના પહેલા $\frac{૧}{૧૬}$ ઈંચ સુધીમાં અવરોધ દુર કરવામાં આવે છે એમ માની લેવાનું છે.

$$\text{એક આંટામાં દડાની ગતિ} = \frac{૨ \times ૨૨ \times ૨૮}{૭ \times ૧૨} \text{ ફુટ.}$$

$$\text{એક મીનીટમાં દડાની ગતિ} = \frac{૨ \times ૨૨ \times ૨૮ \times ૫૦}{૭ \times ૧૨} \text{ ફુટ.}$$

$$\text{એક સેકન્ડમાં દડાની ગતિ} = \frac{૨ \times ૨૨ \times ૨૮ \times ૫૦}{૭ \times ૧૨ \times ૬૦}$$

$$= \frac{૧૧૦}{૯} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે.}$$

ધારોકે, D = વેહનો વ્યાસ ઇંચમાં.

વેહની ઉંડાઈ $\frac{૩}{૮}$ ઇંચ કાપવાની છે, માટે જે ભાગ ઉપર કાપવાનું જોર આવે છે તે ભાગનું ક્ષેત્રફળ = વેહનું પૃષ્ઠફળ = $\frac{D \times ૨૨ \times ૩}{૭ \times ૮}$ ચોરસ ઇંચ.

D″ વ્યાસનો અને $\frac{૩}{૮}$ ઇંચ ઉંડો વેહ કાપવા માટે આવતું

$$\text{કુલ જોર} = R = \frac{D \times ૨૨ \times ૩ \times ૨૦ \times ૨૨૪૦}{૭ \times ૮} = ૫૨૮૦૦ \text{ D પૈાંડ.}$$

$$Rl = \frac{Wv^{૨}}{૨g}$$

$$\frac{૫૨૮૦૦ D \times ૧}{૧૬ \times ૧૨} = \frac{૨ \times ૨૫ \times ૧૧૦ \times ૧૧૦}{૨ \times ૩૨ \times ૯ \times ૯}$$

$$\therefore D = \frac{૨ \times ૨૫ \times ૧૧૦ \times ૧૧૦ \times ૧૬ \times ૧૨}{૨ \times ૩૨ \times ૯ \times ૯ \times ૫૨૮૦૦ \times ૧} = \frac{૨૭૫}{૬૪૮} \text{ ઇંચ.}$$

$$= \cdot૪૨૪ \text{ ઈંચ} = \frac{૨૭}{૬૪} \text{ ઇંચ લગભગ.}$$

એક્સસાઇઝ ૨જી.

૧. ૫૦ પૌંડનાં વજનને ૪૦ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવામાં આવે છે, તો તેની પોટેન્શીઅલ એનર્જી શોધો? વળી તે વજન આ આપેલી ઉંચાઈએથી નીચે પડતાં દર સેકન્ડે કેટલી ઝડપ મેળવશે તે શોધો અને તેમાં એકઠું થયલું કામ અથવા કાઇનેટીક એનર્જી શોધો?

૨. ૩ પૌંડનાં વજનનું હથોડીનું માથું દર સેકન્ડે ૫૦ ફુટની ઝડપે દાગીના ઉપર ફટકા માટે આવી પડે છે તો તેમાં કેટલી કાઈનેટીક એનર્જી હશે?

૩. ૪૦૦૦ ટનનું એક વહાણ જ્યારે ૧૫ નોટની ઝડપે ચાલે છે ત્યારે તેમાં કેટલી કાઈનેટીક એનર્જી હશે?

૪. એક પદાર્થ જ્યારે દર સેકન્ડે ૧ ફુટની ઝડપે ચાલે છે ત્યારે તેમાં $\frac{૧}{૪}$ ફુટ-પૌંડ શક્તિ એકઠી થાય છે, તો જ્યારે તે પદાર્થ દર સેકન્ડે ૮૦ ફુટની ઝડપે ચાલે ત્યારે તેમાં કેટલી શક્તિ એકઠી થશે?

૫. બે વરાળથી ચાલતા હથોડા (સ્ટીમ હેમર) જેમાંના એક જેનું વજન ૫ ટન છે તે દર સેકન્ડે ૧૦ ફુટની ઝડપે અને બીજો જેનું વજન ૧૦ ટન છે તે દર સેકન્ડે ૫ ફુટની ઝડપે એરણ ઉપર આવી પડે છે, તો આ બે હથોડામાંના દરેક હથોડાના ફટકાની સ્થિતિ સરખાવો?

૬. એક વરાળથી ચાલતો હથોડો (સ્ટીમ હેમર) જેનું વજન ૧૦ હંડ્રેડવેટ છે તે ૮ ફુટની ઉંચાઇએથી લોખંડના દાગીના ઉપર ફટકા માટે આવી પડે છે અને તે જે લોખંડ ઉપર પડે છે તેને ૧ ઇંચ દબાવી દે છે, તો દબાવવાની ક્રિયા દરમ્યાન તે લોખંડ ઉપર કરવામાં આવતું સરેરાશ જોર શોધો?

૭. એક બંદુકની ગોળી જેનું વજન ·૨ પૌંડ છે તે દર સેકન્ડે ૨૦૦૦ ફુટની ઝડપે બંદુકની નળીમાંથી બહાર નીકળે છે, તો તે ગોળીની કાઇનેટીક એનર્જી શોધો?

૮. એક ફ્લાઇ વ્હીલનો સરેરાશ વ્યાસ ૧૦ ફુટ છે અને તેની રીમનું વજન ૬ ટન છે. જો તે ફ્લાઇ વ્હીલ દર મીનીટે ૨૦૦ આંટાની ઝડપે ફરે તો તેમાં કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી એકઠી થશે?

૯. એક સ્ટીમ હેમરનાં માથાંનું વજન ૮૦૦ પૌંડ છે અને તેને દરેક ફટકાની પૂર્વે દાગીનાની ઉપર ૪ ફુટ ઉંચે ચઢાવવામાં આવે છે, તો જ્યારે તે હથોડાનું મા ાગીનાની નજદીક આવી પડે તે વેળાએ તેની કાઇનેટીક એનર્જી કેટલી હશે? એમ માની લેવાનું છે કે ઘર્ષણને લીધે થતી ખોટ બીલકુલ નથી અને વરાળ માત્ર હથોડાનું માથું ઉપાડવા માટે વપરાય છે.

૧૦. જ્યારે એક મશીનની મેન શાફ્ટ (યંત્રને ચલાવનારી મુખ્ય શાફ્ટ) દર મીનીટે ૨૦૦ આંટા ફરે છે ત્યારે તે મશીનમાં ૨૦૦૦૦૦ ફુટ–પૌંડ શક્તિ એકઠી થયલી માલમ પડે છે. જો તે મશીનની ફરવાની ઝડપ દર મીનીટે ૧૯૨ આંટા થાય તો તે મશીને કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી ખોઈ હશે?

૧૧. એક ફ્લાઇ પ્રેસમાં દરેક દડાનું વજન ૬૦ પૌંડ છે, અને દડાઓમાં એકઠું થયલું કામ ૧૦૦૦ ફુટ–પૌંડ છે, તો તે દડાઓ કેટલી ઝડપે ફરે છે તે શોધો?

૧૨. એક ફ્લાઇ વ્હીલનું વજન ૨ ટન છે, અને તેની સરેરાશ રીમ દર સેકન્ડે ૫૦ ફુટની ઝડપે ફરે છે. જો તે વ્હીલ ૧૨૦૦૦ ફુટ-પૌંડ શક્તિ ખોઇ દે, તો તેની ફરવાની ઝડપમાં કેટલો ઘટાડો થશે?

૧૩. એક પદાર્થ જેનું વજન ૨૦ પૌંડ છે તે દર સેકન્ડે ૮૦ ફુટની ઝડપે ચાલે છે અને તેને નડતો ૪ પૌંડનો અવરોધ દુર કરે છે, તો તે પદાર્થ વિશ્રામ સ્થિતિએ આવવાની પૂર્વે કેટલું અંતર પસાર કરશે?

૧૪. એક તોપના ગોળામાં દર સેકન્ડે ૨૪૦૦ ફુટની ઝડપે ૧૫૬૦૦૦૦ ફુટ–પૌંડ કાઇનેટીક એનર્જી છે. પાછળથી તેની ઝડપ ઘટીને દર સેકન્ડે માત્ર ૧૨૦૦ ફુટની થઈ, તો કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી તેણે ખોઈ હશે?

૧૫. એક ટન વજનના વરાળથી ચાલતા હથોડાને દરેક ફટકાની પૂર્વે ૫ ફુટ ઉંચે ચઢાવવામાં આવે છે, તો આ ઉપાડેલાં વજનમાં સમાયલી શક્તિ શોધો? જો આ અંતરેથી તે હથોડો દાગીના ઉપર આવી પડે તો તે હથોડો દાગીનાની નજદીક આવી પડતાં દર સેકન્ડે કેટલી ઝડપ મેળવશે?

૧૬. સ્ટેશન નજદીક આવતાં જ્યારે વરાળને ટ્રેનનાં એન્જીનમાં દાખલ થતી બંધ કરવામાં આવી તે વેળાએ તે ટ્રેનની ઝડપ દર કલાકે ૩૫ માઇલ છે, તો સપાટ સડક ઉપર દોડતાં ૮૦૦ વારમાં તેને થોભાવવા માટે બ્રેક વડે દર ટન દીઠ કેટલા પૌંડનો ઘર્ષણનો અવરોધ લાગુ પાડવો જોઈએ? વળી તેટલાજ બ્રેક પાવરથી ૮૦એ ૧ની ઢાળવાળી સડક ઉપર ચઢતાં અને તે ઉપરથી નીચે ઉતરતાં તે ટ્રેન કેટલું અંતર પસાર કરશે?

૧૭. એક ફ્લાઈ વ્હીલની રીમનું વજન એક ટન છે અને તેના જથ્થાનો સરેરાશ સરળ વેગ (લીનીઅર વેલોસીટી) દર સેકન્ડે ૪૦ ફુટ છે, તો તેમાં કેટલું કામ એકઠું થાય છે? જો તેમાં વધારાની ૪૪૮૦૦ ફુટ-પૌંડ જેટલી શક્તિ એકઠી કરવી હોય તો તેનો વેગ એટલે વેલોસીટી કેટલી વધારવી જોઈશે?

૧૮. એક પૌંડ તોપના ગનપાઉડર (દારૂ)ની એકઠી થયલી શક્તિ ૬૦ ફુટ-ટન છે, તો ૪ હંડરવેટના એક તોપના ગોળાને દર સેકન્ડે ૧૫૦૦ ફુટની ઝડપે છોડવા માટે તોપના દારૂ એટલે ગનપાઉડરનો કેટલો જથ્થો જોઈશે?

૧૯. દાખલા ૧૮માં આપેલી ઝડપે ૮૦ પૌંડ ગનપાઉડર એટલે દારૂના ચાર્જ (તોપમાં એકી વેળાએ સમાય એટલો દારૂનો જથ્થો) વડે કેટલા વજનનો ગોળો ફેંકી શકાશે?

૨૦. એક ફ્લાઈ પ્રેસમાં લીવરને છેડે બેસાડેલા દરેક દડાનું વજન ૫૦ પૌંડ છે અને તેને દર સેકન્ડે ૩૦ ફુટની ઝડપે ગોળ ફેરવવામાં આવે છે. જે પ્લેટમાં આરપાર વેહ પાડવાનો છે તેની જાડાઈ ૠ

ઇંચ છે અને પંચ કરવાના વેહનો વ્યાસ ⅞ ઇંચ છે, તો વેહ પાડતી વેળા નડતો સરેરાશ અવરોધ શોધો ?

૨૧. એક રેલવે ટ્રેનનું વજન ૪૦ ટન છે, અને જ્યારે વરાળને એન્જીનમાં દાખલ થતી બંધ કરવામાં આવી તે વેળાએ તેની ઝડપ દર કલાકે ૩૦ માઇલ છે. જો ઘર્ષણનો ગુણક (કોઓફીશન્ટ ઓફ ફ્રીકશન) ·૦૦૩ હોય તો સપાટ સડક ઉપર તે ઉભી રહેવાની પૂર્વે કેટલે દુર ચાલી જશે ?

૨૨. એક એન્જીનનાં ફ્લાઇ વ્હીલની ફરવાની ઝડપ દર મીનીટે ૧૨૦ આંટા ઉપરથી ૧૧૫ આંટા સુધી ઘટે છે તે દરમ્યાન તે ફ્લાઈ વ્હીલ ૧૦૦૦૦ ફુટ–પૌંડ શક્તિ ખોઈ દે છે, તો જ્યારે તે ફ્લાઈ વ્હીલ દર મીનીટે ૧૩૦ આંટાની ઝડપે ફરતું હોય ત્યારે તેમાં કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી હશે ?

૨૩. એક પાઇલ ડ્રાઇવિરનાં મંકીનું વજન ૧¾ ટન છે અને તે પાઇલ (ખુંટા) ઉપર દર સેકન્ડે ૬૦ ફુટની ઝડપે આવી પડે છે અને દરેક ફટકાએ પાઇલ (ખુંટા)ને જમીનમાં ૪ ઇંચ નીચે ઉતારે છે, તો પાઇલની ગતિને નડતો સરેરાશ અવરોધ શોધો ?

૨૪. એક લોકોમોટીવનાં ટેન્ડર સાથે જોડેલી એક ઉભી પાઇપને નીચલે છેડેથી ચપટાં મોઢાં સાથના મોટા કડછાના આકારે બનાવેલી છે, અને તે સડક ઉપર મુકેલી પાણીથી ભરેલી પરનાળ (ટ્રોફ)માંથી પાણી ઉપાડી લે છે. જો એન્જીન અને ટેન્ડરની ઝડપ દર કલાકે ૨૪ માઇલ હોય તો તે ઉભી પાઇપમાં પાણી કેટલી ઉંચાઇએ ઉપર ચઢશે ?

૨૫. એક ફ્લાઇ વ્હીલ જેની રીમનું વજન ૧½ ટન છે તે દર મીનીટે ૧૮૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે અને તેની પરિરેખા એટલે રેડીઅસ ઓફ જાઇરેશન ૭ ફુટ છે, તો તેમાં કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી એકઠી થયલી હશે ? જો રીમનું વજન બમણું કરીએ તો કાઇનેટીક એનર્જી કેટલી વધશે ? જો તેનું વજન અને ફરવાની

ઝડપ તેજ રાખી તેનો વ્યાસ બમણો કરીએ તો પહેલી બાબત સાથે સરખાવતાં આ બાબતમાં કામ પ્રમાણમાં કેટલું વધશે? જો આંટા (રેવોલ્યુશન)ની સંખ્યા એટલે ફરવાની ઝડપ બમણી કરીએ તો જવાબ શું આવશે?

૨૬. એક આગ હોલવવાના બંબા (ફ્રાયર એન્જીન પમ્પ) સાથે એક નોઝલ પુરી પાડેલી છે જેનો વ્યાસ $\frac{3}{4}$ ઇંચ છે. આ નોઝલમાંથી પાણીને દર સેકન્ડે ૧૨૦ ફુટની ઝડપે ફેંકવામાં આવે છે, તો ચાલતા ભાગોનાં ઘષણથી થતી શક્તિની ખોટ ધ્યાનમાં ન લેતાં આ પમ્પ (બંબા)ને ચલાવવા માટે એન્જીનના કેટલા હોર્સપાવર જોઇશે?

૨૭. એક શીઅરીંગ મશીનનું ફ્લાઇ વ્હીલ જ્યારે તે દર મીનીટે ૩૦૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે ત્યારે ૨૨૦૦૦૦ ફુટ–પૌંડ કાઇનેટીક એનર્જી પોતાની અંદર એકઠી કરે છે, તો દર મીનીટે ૨૨૫ આંટા સુધીના ઝડપના ઘટાડા દરમ્યાન તે કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી આપી દેશે? જો આપી દેવામાં આવતી શક્તિના ૮૫ ટકા તે શીઅરીંગ મશીનને ૩ ઇંચના સ્ટ્રોક દરમ્યાન આપવામાં આવે તો તે મશીનની કાપનારી બ્લેડ એટલે પાના ઉપર તેને લીધે કેટલું સરેરાશ જોર આવશે?

૨૮. એક વ્હીલ (ચક્કર)નું વજન ૩૦ પૌંડ છે અને તેની પરિરેખા એટલે રેડીઅસ ઓફ જાઇરેશન ૧૫ ઇંચ છે; તે એક મીનીટમાં ૮૦ આંટા ફરે છે; તેની ધરીનો વ્યાસ ૧$\frac{1}{2}$ ઇંચ છે અને ઘર્ષણનો ગુણક ·૦૫૫ છે, તો તે વ્હીલ ઉભું રહેવાની પૂર્વે કેટલા આંટા ફરશે? જો ઉભું રહેવાની પૂર્વે તે વ્હીલ ૧૬ આંટા ફરે તો ઘર્ષણનો ગુણક શોધો?

૨૯. એક ફ્લાઇ પ્રેસમાં દરેક દડાનું વજન ૪૦ પૌંડ છે અને તે દર સેકન્ડે ૩૦ ફુટની ઝડપે ફરી પ્લેટમાં વેહ પાડતી વેળા ૨૮૦૦૦ પૌંડનો અવરોધ દુર કરે છે, તો પ્લેટમાં પંચ કેટલી ઉંડાઇએ ઉતર્યો હશે?

૩૦. એક એન્જીનનાં ફ્લાઇ વ્હીલની ઝડપ દર મીનીટે ૮૪ આંટા ઉપરથી ૯૦ આંટા સુધી વધે છે તે દરમ્યાન તે ફ્લાઇ વ્હીલ ૧૬૦૦૦ ફુટ–પૌંડ શક્તિ પોતાની અંદર એકઠી કરે છે, તો જ્યારે તે ફ્લાઇ વ્હીલ દર મીનીટે ૧૦૫ આંટાની ઝડપે ફરતું હોય ત્યારે તેમાં કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી હશે?

૩૧. એક ફ્લાઇ પ્રેસમાં દરેક દડાનું વજન ૬૦ પૌંડ છે અને તેમની ફરવાની ઝડપ દર સેકન્ડે ૧૫ ફુટ છે. સ્ક્રુને છેડે બેસાડેલી ડાઇ સ્થિર રહેવાની પૂર્વે ૧/૧૦ ઇંચ ચાલે છે, તો જે ધાતુ ઉપર છાપ પાડવામાં આવી છે તે ધાતુ ઉપર કેટલું સ્થાઇ દબાણ આવ્યું હશે?

૩૨. જ્યારે એક ટ્રેકશન એન્જીનનાં ફ્લાઇ વ્હીલની ફરવાની ઝડપ દર મીનીટે ૧૬૦ આંટા ઉપરથી વધીને ૧૭૫ આંટા થાય છે ત્યારે (આખાં એન્જીન તેમજ ફ્લાઇ વ્હીલની ગતિ ઉપરની) કાઇનેટીક એનર્જીમાં થતો વધારો ૩૦૦૦૦ ફુટ–પૌંડ થાય છે. જો ફરવાની ઝડપ દર મીનીટે ૧૭૦ આંટા હોય તે વેળાએ એન્જીનને ચલાવનારૂં જોર ઉપાડી લેવામાં આવે અને એન્જીન અને તે સાથે જોડેલાં ટ્રક (ખુલ્લાં ગાડા)નું વજન ૩૫ ટન હોય તથા સપાટ સડક ઉપર ચાલુ ઘર્ષણનો અવરોધ દર ટન દીઠ ૧૫ પૌંડ હોય તો તે એન્જીન ઉભું રહેવાની પૂર્વે ૯૦ એ ૧ના ઢાળવાળી સડક ઉપર કેટલે દુર ચાલી જશે?

૩૩. એક ફ્લાઇ પ્રેસ ૧/૨ ઇંચ જાડી લોખંડની પ્લેટમાં વેહ પાડવા માટે વપરાયો છે. જો કાપવા માટે જોઇતું જોર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૮ ટન હોય તો તે પ્લેટમાં કેટલા ઇંચ વ્યાસનો વેહ પંચ વડે પાડી શકાશે? દરેક દડાનું વજન ૪૦ પૌંડ છે, જેમને લીવરને છેડે ૩૫ ઇંચની ત્રિજ્યાએ બેસાડેલા છે, અને તે દર મીનીટે ૫૫ આંટાની ઝડપે ફરે છે; સ્ક્રુનો પીચ ૧ ૧/૨ ઇંચ છે અને પ્લેટના પહેલા ૩/૩૨ ઇંચ સુધીમાં અવરોધ દુર કરવામાં આવે છે એમ માની લેવાનું છે.

૩૪. એક વરાળથી ચાલતો હથોડો જેનાં માથાંનું વજન ૪ ટન છે તે દર સેકન્ડે ૧૫ ફુટની ઝડપે એરણ ઉપર મુકેલા લોખંડના દાગીના ઉપર આવી પડે છે, અને તે દાગીનાને $\frac{1}{2}$ ઇંચ દબાવી દે છે, તો દબાવવાની ક્રિયા દરમ્યાન તે દાગીના ઉપર કેટલું સરેરાશ સ્થાઇ દબાણ આવશે ?

૩૫. એક ફ્લાઈ વ્હીલનું વજન ૨ ટન છે અને તેની પરિરેખા (રેડીઅસ ઓફ જાઈરેશન) ૯ ફુટ છે; તે દર મીનીટે ૧૦૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, તો તેમાં કેટલી કાઇનેટીક એનર્જી હશે ? જો આ ફ્લાઈ વ્હીલને એકાએક એન્જીનથી છુટું (ઢીલું) કરવામાં આવે અને દરેક આંટામાં ઘર્ષણ દુર કરવામાં વ્યર્થ જતી શક્તિ ૨૫૦૦ ફુટ–પૈાંડ છે એમ આપણે જાણતા હોઈએ, તો તે ફ્લાઈ વ્હીલ કેટલા આંટામાં ઉભું રહી જશે ?

૩૬. ૨૫ ફુટ ઉંચાઈએથી નીચે પડતા ૧૮૦૦ પૈાંડનાં એક વજન વડે ૧૦ ઇંચ વ્યાસના અને ૧૬ ફુટ લાંબા એક પાઈલ (ખુંટા) ઉપર ફટકા મારવામાં આવે છે, અને દરેક ફટકાએ તે ૧ ઇંચ નીચે ઉતરે છે, તો ફટકાનું જોર શોધો ? જો ફટકાની સઘળી શક્તિ પાઈલની ફરતી બાજુ ઉપરનાં ઘર્ષણમાં ખર્ચ થાય છે, તો દર ચોરસ ફુટ દીઠ તે બાજુ ઉપરનો ઘર્ષણનો અવરોધ શોધો ?

૩૭. એક લોકોમોટીવ અને તેની સાથે જોડેલી ટ્રેનનું વજન ૫૦ ટન છે અને તે સ્થાઈ સ્થિતિ ઉપરથી ૭ માઇલ સુધીની ૨૦૦ એ ૧ની ઢાળવાળી સડક ઉપરથી નીચે ઉતરે છે. જો એમ ધારવામાં આવે કે ટ્રેનને તેનાં વજન શિવાય કાંઈ પણ અવરોધ નડતો નથી અને તેનાં પોતાનાં વજન શિવાય કાંઈ પણ વડે તેની ઝડપમાં વૃદ્ધિ થતી નથી, તો દર સેકન્ડે તેની ગતિનો વેગ એટલે વેલોસીટી અને વેગમાન (મોમેન્ટમ) શોધો, અને વળી તે ઢાળની તળેટીએ તેની કાઇનેટીક એનર્જી શોધો ?

૩૮. ૨૦ ફુટની ઉંચાઈએથી નીચે પડતા એક ટનનાં વજનના રેમ અથવા મંકી વડે પાઇલિ (ખુંટા)ને જમીનમાં નીચે ઉતારવામાં ખર્ચ થતી શક્તિની ૧૦ ફુટની ઉંચાઈએથી નીચે પડતાં ૨ ટનનાં વજનની શક્તિ સાથે સરખામણી કરો. જો રેમ અથવા મંકીના એક ફટકા વડે પાઇલિ (ખુંટો) ૯ ઇંચ જમીનમાં ઉતરે તો તેની ગતિની સામે નડતો સરેરાશ અવરોધ કેટલો હશે?

૩૯. જ્યારે ટ્રેન ઝડપી ચાલે દોડે છે ત્યારે ટેન્ડરમાં આપેલી ઉભી પાઇપ તેને નીચલે છેડે બનાવેલા મોટા કડછા (સ્કુપ scoop) વડે સડક ઉપર રેલવેના પાટાઓની વચ્ચે મુકેલી પાણીથી ભરેલી પરનાળમાંથી ટેન્ડરમાં પાણી ઉપાડતી વેળા તે પાણી ઉભી પાઇપમાં ૯ ફુટ ઉંચાઈએ ચઢે છે, તો આ ઉંચાઈએ પાણી ઉપાડતી વેળા તે ટ્રેનની ઝડપ દર કલાકે કેટલા માઇલ હશે?

૪૦. ૧$\frac{૧}{૪}$ પૌંડનાં વજનનો એક ગોળો દર સેકન્ડે ૧૦૦૦ ફુટની ઝડપે ચાલી ·૦૦૩ સેકન્ડમાં લોખંડની એક પ્લેટમાંથી પસાર થાય છે ત્યારે તેની ઝડપ ઘટીને દર સેકન્ડે ૧૬૦ ફુટની થાય છે, તો પ્લેટમાંથી પસાર થતાં થયલું કામ શોધો અને પ્લેટની જાડાઈ શોધો? વળી પ્લેટમાંથી પસાર થતી વેળા તેનું સરેરાશ જોર શોધો?

૪૧. એક હથોડી જેનું વજન ૨ પૌંડ છે તે એક ખીલો ઠોકવા માટે વપરાય છે. ફટકો મારતી વેળા તેની ઝડપ દર સેકન્ડે ૧૬ ફુટ છે. દરેક ફટકાએ ખીલો લાકડાંમાં $\frac{૩}{૧૬}$ ઇંચ ઘુસે છે, તો ખીલાનાં માથાં ઉપરનું સરેરાશ દબાણ શોધો?

૪૨. એક ટ્રેન જેનું વજન ૧૫૦ ટન છે તે દર કલાકે ૩૦ માઇલની ઝડપે દોડે છે. અમુક સ્થાને વરાળને દાખલ થતી બંધ કરવામાં આવે છે અને બ્રેક લાગુ પાડવામાં આવે છે. બ્રેક વડે સપાટ સડક ઉપર તે ટ્રેન ૩૦૦ વાર જેટલું અંતર ચાલી ઉભી રહે છે, પણ તે ટ્રેન ૧૦૦ એ ૧ના ઢાળવાળી સડક ઉપર છે, તો (૧) જો તે ટ્રેન તે ઢાળ ઉપર ચઢે તો કેટલું અંતર ચાલી ઉભી રહેશે, અને (૨) તે ઢાળ ઉપરથી નાચે ઉતરે તો કેટલું અંતર ચાલી ઉભી રહેશે?

પ્રકરણ ૩જું

ઉન્મધ્યપ્રેરક બળ એટલે સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ.

સેન્ટ્રિપેટલ ફોર્સ (મધ્યપ્રેરક બળ) અને સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ (ઉન્મધ્યપ્રેરક બળ).—જ્યારે એક પદાર્થ (જેવો કે પથ્થર)ને એક દોરી સાથે બાંધી તેને વર્તુલમાં ગોળ અને ગોળ ફેરવવામાં આવે ત્યારે હાથને દોરીની દીશામાં ખેંચાણ લાગશે, જે દોરી જોરનાં કાર્યને લીધે ખેંચાણમાં છે. પદાર્થને જેમ વધુ અને વધુ ઝડપે ફેરવવામાં આવે તેમ દોરી ઉપર વધુ અને વધુ ખેંચાણનું જોર આવે છે. તે પદાર્થ સ્પર્શ રેખાની દિશામાં ઉડી જવાનું ચાલુ વલણ કરે છે, અને તેને ગતિનાં મધ્યબિંદુ તરફ ખેંચી રાખતાં પ્રતિકાર્ય વડે માત્ર ગોળાકાર માર્ગમાં ફરતો રાખવામાં આવે છે. ગતિનાં મધ્યથી દુર ઉડી જવાનું ખેંચાણ કરનારાં જોરને "સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ" એટલે "ઉન્મધ્યપ્રેરક બળ" કહે છે, અને તેનાંથી ઉલટી દિશાનું પ્રતિકાર્ય જે પદાર્થને ગતિનાં મધ્યબિંદુ તરફ ખેંચી રાખે છે તેને "સેન્ટ્રિપેટલ ફોર્સ" એટલે "મધ્યપ્રેરક બળ" કહે છે. આ બન્ને જોરો સરખાં છે અને એક બીજાંથી ઉલટી દિશામાં કાર્ય કરે છે. એ તો દેખીતું છે કે જો દોરીને છોડી દેવામાં આવે તો આ જોરો ચાલુ રહેતાં બંધ થશે અને પદાર્થ વર્તુલની સ્પર્શ રેખાના માર્ગમાં ચાલી જશે.

જ્યારે એક નાના પદાર્થ દર સેકન્ડે v ફુટની એક સમાન ઝડપે r ફુટની ત્રિજ્યાનાં વર્તુલના પરિધમાં ચાલે છે ત્યારે તે વર્તુલનાં

મધ્યબિંદુ તરફની ગતિની નિયંત વૃદ્ધિ એટલે એક્સેલરેશન હોય છે જેને સેન્ટ્રિપેટલ એક્સેલરેશન કહે છે અને તે નીચે પ્રમાણે છેઃ—

મધ્યપ્રેરક પ્રવેગ એટલે સેન્ટ્રિપેટલ એક્સેલરેશન $= a = \frac{v^2}{r}$ ફુટ દર સેકન્ડ દીઠ દરેક સેકન્ડમાં.

આ સેન્ટ્રિપેટલ એક્સેલરેશન ઉત્પન્ન કરવાને માટે વર્તુલનાં મધ્યબિંદુ તરફ ચાલુ દોરવતું સમાન જોર F લાગુ પાડવું જોઈએ જે નીચે પ્રમાણે છેઃ—

$$F = \frac{Wa}{g}$$

પણ $a = \frac{v^2}{r}$ છે,

માટે $F = \frac{Wv^2}{gr}$ પૌંડ.

આ જોર પદાર્થનું જડત્વ દુર કરે છે કે જે પદાર્થ નહિંતર સીધી લીટીનો માર્ગ ગ્રહણ કરતે, અને આ જોરને સેન્ટ્રલ ફોર્સ (મધ્યનું જોર) અથવા સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ (ઉન્મધ્ય પ્રેરક બળ) કહી શકાય.

ત્યારે **સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ** $= \frac{Wv^2}{gr}$

દાખલો ૧.—૧૫ પૌંડનાં વજનને ૩ ફુટ લાંબી દોરી સાથે બાંધી તેને દર સેકન્ડે ૮ ફુટની ઝડપે વર્તુલમાં ગોળ ફેરવવામાં આવે છે, તો ગતિનાં મધ્યબિંદુ ઉપર કાર્ય કરતું ઉન્મધ્ય પ્રેરક બળ (સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ) એટલે બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો દોરી ઉપરનું તાણ શોધો ?

સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ $= \frac{Wv^2}{gr} = \frac{૧૫ \times ૮ \times ૮}{૩૨ \times ૩} =$ <u>૧૦ પૌંડ.</u>

દાખલો ૨.—૩ પૌંડનાં વજનને દોરીના એક છેડા સાથે બાંધી તે દોરીનો બીજો છેડો હાથમાં પકડી તેને ૪ ફુટ વ્યાસનાં વર્તુલ માર્ગમાં દર મીનીટે ૧૦૦ આંટાની ઝડપે ગોળ ફેરવવામાં આવે છે, તો તે દોરી ઉપર આવતું તોડી નાંખનારૂં જોર શોધો ?

તોડી નાંખનારૂં જોર = ઉન્મધ્ય પ્રેરક બળ (સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ)

એક આંટામાં વેગ (વેલોસીટી) = ૪ × ૩·૧૪૧૬ ફુટ

એક મીનીટમાં વેગ (વેલોસીટી) = ૪ × ૩·૧૪૧૬ × ૧૦૦ ફુટ

$$\text{એક સેકન્ડમાં વેગ (વેલોસીટી)} = \frac{૪ \times ૩·૧૪૧૬ \times ૧૦૦}{૬૦}$$

$$= ૨૦·૯૪૪ \text{ ફુટ}$$

$$\text{સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ} = \frac{Wv^2}{gr}$$

$$= \frac{૩ \times ૨૦·૯૪૪ \times ૨૦·૯૪૪}{૩૨ \times ૪} = \underline{૧૦·૨૮ \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૩.—એક દોરીથી બાંધેલી નાની પત્રાંની બાલદી જેને પાણીથી અર્ધી ભરેલી છે અને જેનું વજન ૨ પૌંડ છે તેને ઉભાં વર્તુલમાં ગોળ ફેરવવામાં આવે છે. જો તમારા હાથથી અથવા ગતિનાં મધ્યબિંદુથી પાણીની સપાટી સુધીનું અંતર ૩$\frac{૧}{૨}$ ફુટ હોય, તો તે બાલદીમાંનું પાણી જરા પણ ઢોળાઈ ન જાય તે માટે દર મીનીટે ઓછામાં ઓછા કેટલા આંટાની ઝડપે ફેરવવી જોઈશે ?

સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ વજનનાં સીધાં પ્રમાણમાં છે, માટે અહિંઆ ઓછામાં ઓછો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ વજનની બરાબર હોવો જોઇએ માટે અહિંઆ સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ = ૨ પૌંડ લઇશું.

$$\text{સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ} = \frac{Wv^2}{gr}$$

$$૨ = \frac{૨ \times v^2 \times ૮}{૩૨ \times ૨૫}$$

$$\therefore v^2 = \frac{૨ \times ૩૨ \times ૨૫}{૨ \times ૮} = ૧૦૦$$

$$\therefore v = \sqrt{૧૦૦} = ૧૦ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

દર મીનીટે વેગ એટલે ઝડપ $= ૧૦ \times ૬૦ = ૬૦૦$ ફુટ.

ધારો કે $R =$ દર મીનીટે બાલદીના ફરવા જોઈતા આંટાની સંખ્યા.

$$\text{એક આંટામાં બાલદીની ઝડપ} = \frac{૨૫ \times ૨૨}{૮ \times ૭} = \frac{૨૭૫}{૨૮} \text{ ફુટ.}$$

$$\therefore \text{ એક મીનીટમાં બાલદીની ઝડપ} = \frac{૨૭૫}{૨૮} \times R$$

$$\therefore ૬૦૦ = \frac{૨૭૫ \times R}{૨૮}$$

$$\therefore R = \frac{૬૦૦ \times ૨૮}{૨૭૫}$$

$$= \underline{૬૧ \text{ આંટા દર મીનીટે}}$$

ફરતા પદાર્થોમાં સમતોલપણાની ગેરહાજરીને લીધે સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ (ઉન્મધ્યપ્રેરક બળ)ની અસર.—બેરીંગો તરીકે બે હુક ઉપર શુદ્ધ રીતે ટેકવેલી એક ધરી ઉપર શુદ્ધ રીતે બેસાડેલી એક લાકડાંની ડીસ્ક એટલે ચંદો આપણે લઈએ, જે ડીસ્ક ધરી સાથે આ હુક ઉપર કશાં પણ કંપન અથવા આચકા રહિત ઘણી ઝડપે છુટથી ફરી શકે એવી છે. હવે તે ડીસ્કમાં તેના પરિધની નજદીક એક આરપાર વેહ પાડી તેમાં સીસાંનો બુચ ઠોકીશું, અને ત્યાર બાદ તે ડીસ્કને ઝડપથી ફેરવીશું તો તે ડીસ્ક એટલી બધી અનિયમીતપણે ફરતી માલમ પડશે કે પોતાને હુકની બેરીંગોની લગભગ બહાર હલાવી નાંખશે.

સમતોલ નહીં થયલા સીસાંના બુચને લીધેનો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ પોતાનો હક એટલો બધો સંપૂર્ણ રીતે સિદ્ધ કરે છે કે જ્યારે ધરીની આસપાસ તેના આંટા (રેવોલ્યુશન)ની સંખ્યાનાં સૌથી ઉંચ સ્થાને પહોંચે છે ત્યારે ગુરૂત્વાકર્ષણ દુર કરે છે અને ધરી સાથે આખી ડીસ્ક (ચંદા)ને બેરીંગોની તદન બહાર ઉંચકી કાઢે છે.

હવે, આગલો વેહ ધરીથી જેટલા અંતરે આવેલો છે તેટલાજ અંતરે અને તેની તદન સામી બાજુએ તે ડીસ્કમાં તેટલાજ વ્યાસનો એક બીજો વેહ પાડી તેટલા વજનનો સીસાંનો બીજો બુચ તેમાં ઠોકીશું અને ત્યાર બાદ તે ડીસ્કને ઝડપથી ફેરવીશું તો તે સરળતાથી ફરતી માલમ પડશે આ ઉપરથી આપણને માત્ર સમતોલપણાની ગેરહાજરીને લીધેના સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ (ઉન્મધ્યપ્રેરક બળ)ની અસરજ માલમ પડશે એટલુંજ નહીં પણ તે ખામી કેવી રીતે સુધારવી તેનો વિચાર આપશે.

એજ પ્રમાણે ઉંચ ઝડપે ચાલતાં યંત્રોમાં ગોળ ફરતા જથ્થા વડે ઉત્પન્ન થતા સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સની અસર ઘણી હાનિકારક હોય છે જે અવ્યવસ્થા ઉત્પન્ન કરે છે જેથી ટુંક વખતમાં બેરીંગો ગરમ થઈ ઘસાઈ જાય છે અને મશીનના ભાગો ઠોકાઈને ટુકડા થવાનો સંભવ રહે છે.

ઉંચ ઝડપે ચાલતાં યંત્રોને સમતોલ કરવા વિષે.— ઉપર દર્શાવેલાં કારણને લીધે ઉંચ ઝડપે ચાલતાં સઘળાં યંત્રો પછી ગમે તો તેઓ ગોળ ફરીને ચાલતાં હોય અથવા આમતેમ ચાલતાં હોય તેમને જેમ બને તેમ ઘણાજ સંભાળ ભરેલી રીતે સમતોલ કરવાં જોઇએ, જેથી સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ કાર્ય કરતો અટકે અને ભયંકર પ્રકારનું કંપન અને અવાજ જે હમેશાં થોડે ઘણે અંશે સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ સાથે થાય છે તે ઉત્પન્ન થતો અટકે. સમતોલ નહીં થયલા ચાલતા ભાગોથી બેરીંગો એટલી બધી ગરમ થાય છે અને બ્રાસ (brasses) તથા બીજી લાગમાં રહેતી સપાટીઓ (બેરીંગ સરફેસીસ) એટલી બધી જલદી ઘસાઇ જાય છે કે તેટલી કોઇ બીજાંથી ગરમ થતી નથી અને ઘસાતી નથી. એ ઉપરાંત અતિ ઉંચ ઝડપે તેઓ ખરેખર ભયંકર બને છે અને વારંવાર જાન માલનો નાશ થવાના દાખલા મળે છે.

દાખલો ૪.—દર મીનીટે ૧૮૦૦ આંટાની ઝડપે ચાલતાં એક યંત્રમાં ૧ ફુટની ત્રિજ્યાએ ૧ પૌંડનો નહિ સમતોલ થયલો જથ્થો છે, તો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સને લીધે બેરીંગો ઉપરનું ખેંચાણ શોધો ?

$$\text{દર સેકન્ડે ઝડપ (વેલોસીટી)} = \frac{૨ \times ૨૨ \times ૧ \times ૧૮૦૦}{૭ \times ૬૦}$$

$$= \frac{૧૩૨૦}{૭} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

$$\text{સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ} = \frac{Wv^2}{gr}$$

$$= \frac{૧ \times ૧૩૨૦ \times ૧૩૨૦}{૭ \times ૭ \times ૩૨ \times ૧} = \underline{૧૧૧૧\cdot૨ \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૫.—૩ ફુટ વ્યાસનું એક પૈડું દર મીનીટે ૨૧૦ આંટાની ઝડપે દોડે છે. તેની રીમના એક ભાગ ઉપર ૩ પૌંડનું વજન મુકવાથી તે બરાબર ટ્રુ (true) ફરતું નથી, તો આ વજનને લીધે તે વ્હીલનાં મધ્યબિંદુ ઉપર આવતું ખેંચાણ શોધો ?

$$\text{દર સેકન્ડે ઝડપ (વેલોસીટી)} = \frac{૩ \times ૨૨ \times ૨૧૦}{૭ \times ૬૦} = \underline{૩૩ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે.}}$$

$$\text{સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ} = \frac{Wv^2}{gr} = \frac{૩ \times ૩૩ \times ૩૩ \times ૨}{૩૨ \times ૩} = \underline{૬૮ \text{ પૌંડ.}}$$

દાખલો ૬.—એક ડીસ્ક (ચંદો) એક શાફ્ટ ઉપર ૧૨૦ વખત ફરે છે. ૫ પૌંડનાં વજનની એક લોખંડની પીન ૧૨ ઇંચની ત્રિજ્યાએ ડીસ્કમાંથી બહાર નીકળેલી છે, તો તે પીનને સમતોલ કરવાને માટે ૪ ઇંચની ત્રિજ્યાએ કેટલો જથ્થો જોઈશે ?

$$\text{૫ પૌંડની લોખંડની પીનની ઝડપ દર સેકન્ડે} = \frac{૨ \times ૨૨ \times ૧૨ \times ૧૨૦}{૧૨ \times ૭ \times ૬૦}$$

$$= \frac{૮૮}{૭} \text{ ફુટ.}$$

$$\text{સમતોલ કરવા માટે જોઈતા જથ્થાની ઝડપ દર સેકન્ડે} = \frac{૨ \times ૨૨ \times ૪ \times ૧૨૦}{૭ \times ૧૨ \times ૬૦}$$

$$= \frac{૮૮}{૨૧} \text{ ફુટ.}$$

૫ પૌંડનાં વજનથી ઉત્પન્ન થતો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ = તેને સમતોલ કરવા માટે જોઈતો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ.

$$\therefore \frac{૫ \times ૮૮ \times ૮૮ \times ૧૨}{૭ \times ૭ \times ૩૨ \times ૧૨} = \frac{W \times ૮૮ \times ૮૮ \times ૧૨}{૨૧ \times ૨૧ \times ૩૨ \times ૪}$$

$$\therefore W = \frac{૫ \times ૮૮ \times ૮૮ \times ૧૨ \times ૨૧ \times ૨૧ \times ૩૨ \times ૪}{૭ \times ૭ \times ૩૨ \times ૧૨ \times ૮૮ \times ૮૮ \times ૧૨} = \underline{૧૫ \text{ પૌંડ.}}$$

દાખલો ૭.—૨ ફુટ વ્યાસની અને ૨ ઇંચ જાડી એક બીડની ડીસ્ક (ચંદો) એક ધરી ઉપર ફરે છે, જે ધરીનું મધ્ય ડીસ્કનાં મધ્યથી ૩ ઇંચ દુર છે, તો દર મીનીટે ૧૦૦ આંટાની ઝડપે તે ધરી ઉપર કેટલું ખેંચાણ આવશે?

$$\text{ડીસ્કનું ધનમાપ} = \frac{૨ \times ૨ \times ·૭૮૫૪ \times ૨}{૧૨} = ·૫૨૩૬ \text{ ધનફુટ.}$$

એક ધનફુટ બીડનું વજન = ૪૫૦ પૌંડ.

∴ ડીસ્કનું વજન = ·૫૨૩૬ × ૪૫૦ = ૨૩૫·૬૨ પૌંડ.

ડીસ્કની ધાતુનો જથ્થો ધરીનાં મધ્યથી ૩ ઇંચ દુર આવેલો છે એમ લઈએ, ત્યારે તે જથ્થાની ઝડપ (વેલોસીટી) દર સેકન્ડે =

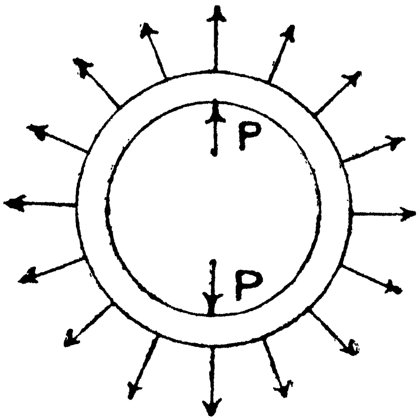
$$= \frac{૨ \times ૩·૧૪૧૬ \times ૩ \times ૧૦૦}{૧૨ \times ૬૦} = ૨·૬૧૮ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે.}$$

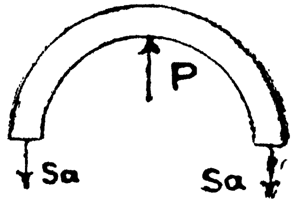
$$\text{ધરી ઉપરનું ખેંચાણ} = \text{સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ} = \frac{Wv^2}{gr} =$$

$$= \frac{૨૩૫·૬૨ \times ૨·૬૧૮ \times ૨·૬૧૮ \times ૧૨}{૩૨ \times ૩} = \underline{૨૦૧·૮ \text{ પૌંડ.}}$$

ફ્લાઈ વ્હીલમાં સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સને લીધે તૂટી જવાની અસર.—ફ્લાઈ વ્હીલો યોજતી વેળાએ સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સની અસરો પણ ધ્યાનમાં લેવાની છે, કારણ કે તેને લીધે જ્યારે ફ્લાઈ વ્હીલ ગોળ ફરે છે ત્યારે તેની રીમ ઉપર ખેંચાણનું જોર આવે છે. આકૃતિ ૨માં ગોળ ફરતાં ફ્લાઈ વ્હીલની રીમ બતાવી છે. રીમમાંની ધાતુનો દરેક ટુકડો આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે મધ્યબિંદુ તરફથી દોરવાતો

સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ રીમમાં ઉત્પન્ન કરશે. આ બાબત અંદરનાં દબાણને





આકૃતિ ૨. આકૃતિ ૩.

આધિન રહતાં બોયલરનાં નળાકાર શેલ (shell = પ્લેટનું બનેલું બોયલરનું બહારનું કોટલું)ને મળતી છે અને તેની આપણે તેજ પ્રમાણે ચર્ચા કરીશું.

ધારો કે, W = દર ફુટ પરિધ દીઠ રીમમાં સમાયલી ધાતુના જથ્થાનું વજન પૈાંડમાં.

v = દર સેકન્ડે રીમની ઝડપ ફુટમાં.

r = રીમની સરેરાશ ત્રિજ્યા ફુટમાં.

ત્યારે, દર ફુટ પરિધ દીઠ સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ $= \frac{Wv^2}{gr}$ પૈાંડ.

બોયલરમાંના દાખલામાં બોયલરને તેની લંબાઈની દિશામાં ફાડી નાંખનારૂં કુલ દબાણ એક ફુટ લંબાઈ દીઠ ($p \times d \times 1$) પૈાંડ હોય છે તેને મળતો અહીં ફ્લાઈ વ્હીલ માટેનો લબ્ધ (રીઝલ્ટન્ટ) સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ નીચે પ્રમાણે થશેઃ—

રીમને તોડી નાંખવાનું વલણ કરતો લબ્ધ એટલે રીઝલ્ટન્ટ

$$\text{સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ} = P = \frac{Wv^2}{gr} \times 2r \times 1.$$

$$= \frac{2Wv^2}{g} \text{ પૈાંડ.}$$

ધારો કે, a = રીમનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ઇંચમાં,
અને, S = રીમનાં છેદચિત્ર a ઉપરનું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ખેંચાણનું જોર એટલે ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ.

ત્યારે $P = ૨\ sx$ (જુઓ આકૃતિ ૩.)

અથવા, $\frac{૨Wv^2}{g} = ૨\ sa$

$$\therefore S = \frac{Wv^2}{ga} \text{ પૌંડ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ.}$$

આ ધ્યાનમાં રાખવું જોઇએ કે દર ફુટ લંબાઈ દીઠ રીમમાં સમાયલી ધાતુના જથ્થાનું વજન W = દર ઘનફુટ દીઠ રીમની ધાતુના જથ્થાનું વજન × રીમનું ઘનમાપ.

$$\therefore W = \text{દર ઘ. ફુ. દીઠ રીમની ધાતુના જથ્થાનું વજન} \times \frac{a}{૧૪૪} \times ૧$$

$$\therefore S = \frac{\text{દર ઘ. ફુ. દીઠ રીમનું વજન} \times a \times v^2}{૧૪૪ \times ga} \text{ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ.}$$

$$= \frac{\text{દર ઘ. ફુ. દીઠ રીમનું વજન} \times v^2}{૧૪૪ \times g} \text{ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ.}$$

આ સમીકરણ (ઇકવેશન) ઉપરથી માલમ પડે છે કે "સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સને લીધે આવતું ખેંચાણનું જોર (ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ) રીમનાં છેદચિત્રનાં ક્ષેત્રફળથી અને ફ્લાઈ વ્હીલની ત્રિજ્યાથી સ્વતંત્ર છે."

દાખલો ૮.—એક ખોડનાં વ્હીલની રીમ દર સેકન્ડે ૧૦૦ ફુટની ઝડપે ફરે છે. જો રીમમાં સમાયલી ધાતુનો જથ્થો દર ઘન ફુટ દીઠ ૪૪૮ પૌંડ હોય તો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સને લીધે આવતું ખેંચાણનું જોર (ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ શોધો?

દર ચો. ઇંચ દીઠ ખેંચાણનું જોર = S =

$$= \frac{\text{દર ઘન ફુટ દીઠ રીમનું વજન} \times v^2}{૧૪૪ \times g}$$

$$= \frac{૪૪૮ \times ૧૦૦ \times ૧૦૦}{૧૪૪ \times ૩૨} = \underline{\text{૯૭૨·૨ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ}}$$

દાખલો ૯.—એકજ ટુકડેની નક્કર રીમવાળું એક બીડનું વ્હીલ (ચક્કર) જેની ધાતુનું વધુમાં વધુ ખેંચાણનું જોર (ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેંગ્થ) દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૮ ટન છે તે ધીમે ધીમે વધતી ઝડપે ફરે છે, તો જ્યારે વ્હીલ તૂટી જાય ત્યારે રીમની ઝડપ દર સેકન્ડે કેટલા ફૂટ હશે?

દર ચો. ઈંચ દીઠ ખેંચાણનું જોર = S =

$$= \frac{\text{દર ઘ. ફુટ દીઠ રીમનું વજન} \times v^2}{૧૪૪ \times g}$$

વ્હીલ બીડનું બનેલું છે, અને એક ઘનફુટ બીડનું વજન ૪૫૦ પૌંડ છે.

$$\therefore S = \frac{૪૫૦ \times v^2}{૧૪૪ \times ૩૨}$$

$$૮ \times ૨૨૪૦ = \frac{૪૫૦ \times v^2}{૧૪૪ \times ૩૨}$$

$$\therefore v^2 = \frac{૮ \times ૨૨૪૦ \times ૧૪૪ \times ૩૨}{૪૫૦} = ૧૮૩૫૦૦{\cdot}૮$$

$$\therefore v = \sqrt{૧૮૩૫૦૦{\cdot}૮} = \underline{૪૨૮{\cdot}૩ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે.}}$$

ફ્લાઇ વ્હીલના આરાઓમાંનો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ.—જો ફ્લાઈ વ્હીલ અથવા પુલીના આરાઓ ગોળ ફરતી રીમના જથ્થાને લીધેના સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સની સામે ટકી રહેવાને બરાબર પ્રમાણમાં ન હોય, અથવા જો ઓતકામને સંભાળ ભરેલી રીતે ઠંડુ કરવામાં ન આવ્યું હોય કે જેથી આરાઓ અને બોસ અથવા રીમ વચ્ચે અંદરનાં જોરો ઉત્પન્ન થાય, તો વ્હીલ અથવા પુલી ભાંગી જશે. બેશક, કોઈ પણ ફ્લાઈ વ્હીલ અથવા પુલી જો તેને અતિશય ઝડપે ચલાવવામાં આવે તો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સનાં અતિશય જોર વડે ભાંગી ન જાય એવી બનાવી શકાતી નથી. સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સની ફોરમ્યુલા (સૂત્ર) ઉપરથી જોતાં માલમ પડશે કે ફ્લાઇ વ્હીલના આરામાંનો સેન્ટ્રિ-ફ્યુગલ ફોર્સ અથવા જોર ગતિના વેગ (વેલોસીટી)ના વર્ગનાં સીધા

પ્રમાણમાં છે, તેથી દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા માત્ર બમણી કરવાથી આરામાંનું જોર ચારગણું થાય છે, અને જો ઝડપને ત્રણગણી વધારવામાં આવે તો જોર નવગણું થાય છે.

દાખલો ૧૦.—એક સેગમેન્ટલ ફ્લાઈ વ્હીલ જે દર મીનીટે ૪૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે તેની રીમ ટુકડે ટુકડે બનાવેલી છે. દરેક ટુકડા એટલે સેગમેન્ટને આરાઓ સાથે જોડેલા છે. દરેક ટુકડાનું વજન તેના આરા સાથે ૩૫૦૦ પૌંડ છે, અને આ ભાગનો જથ્થો ફ્લાઈ વ્હીલની ધરીનાં મધ્યબિંદુથી ૮ ફુટનાં અંતરે એકઠો થયલો છે એમ લઈએ તો રીમનાં સેગમેન્ટ અને આરાને વ્હીલના બોસ (boss = વ્હીલનાં મધ્યનો જાડો ભાગ જેમાં ધરી બેસાડવામાં આવે છે તે)માંથી બહાર ખેંચી કાઢવાનું વલણ કરતું જોર કેટલું હશે?

રીમ અને આરાના જથ્થાની ગતિનો વેગ (વેલોસીટી)

$$\text{દર સેકન્ડે} = \frac{૨ \times ૨૨ \times ૮ \times ૪૦}{૭ \times ૬૦} = \frac{૭૦૪}{૨૧} \text{ ફુટ}$$

વ્હીલના બોસમાંથી રીમનાં સેગમેન્ટ અને આરાને બહાર ખેંચી

$$\text{કાઢનારૂં જોર} = \frac{Wv^2}{gr}$$

$$= \frac{૩૫૦૦ \times ૭૦૪ \times ૭૦૪}{૨૧ \times ૨૧ \times ૩૨ \times ૮} = \underline{૧૫૩૬૫ \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૧૧.—એક સેગમેન્ટલ ફ્લાઈ વ્હીલની રીમના દરેક સેગમેન્ટ (ટુકડા)નું વજન તેને જે આરા સાથે જોડેલો છે તે સાથે ૧૬૦૦ પૌંડ છે અને તે જથ્થો તે વ્હીલની ધરીનાં મધ્યબિંદુથી ૫ ફુટ દુર એકઠો થયલો છે એમ લેવાનું છે. જો દરેક આરા (આર્મ)ને તોડી નાંખનારૂં જોર (બ્રેકીંગ સ્ટ્રેસ) ૧૨૦૦૦૦ પૌંડ હોય, તો વ્હીલની રીમનું બંધનકારક જોર (બાઈન્ડીંગ સ્ટ્રેંગ્થ) ધ્યાનમાં ન લેતાં આરાઓ ભાંગી જવા વિના ફ્લાઈ વ્હીલને દર મીનીટે વધુમાં વધુ આંટાની કેટલી સંખ્યાએ ફેરવી શકાય?

આરાને તેાડી નાંખનારૂં જોર = સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ

$$\therefore \text{ આરાને તેાડી નાંખનારૂં જોર} = \frac{Wv^2}{gr}$$

$$૧૨૦૦૦૦ = \frac{૧૬૦૦ \times v^2}{૩૨ \times ૫}$$

$$\therefore v^2 = \frac{૧૨૦૦૦૦ \times ૩૨ \times ૫}{૧૬૦૦}$$

$$= ૧૨૦૦૦$$

$$\therefore v = \sqrt{૧૨૦૦૦}$$

$$= ૧૦૯.૫ \text{ ફુટ દર સેકન્ડે}$$

$$= ૧૦૯.૫ \times ૬૦ \text{ ફુટ દર મીનીટે}$$

$$= ૬૫૭૦ \text{ ફુટ દર મીનીટે}$$

એક આંટામાં રીમ અને આરાના જથ્થાની ગતિ એટલે

$$\text{વેલેાસીટી} = ૩.૧૪૧૬ \times ૨ \times ૫ = ૩૧.૪૧૬ \text{ ફુટ}$$

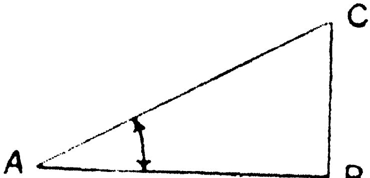
$$\therefore \text{ દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા} = \frac{૬૫૭૦}{૩૧.૪૧૬} = \underline{\text{૨૦૯ આંટા દર મીનીટે}}$$

આગગાડીની સડક (રેલવે) અને મેાટરકાર માટેની સડક ઉપરના વાંક (કર્વ્સ).—જો આગગાડીની સડકના વાંકના બન્ને પાટા એકજ સરખી લેવલે અથવા ઉંચાઈએ ગેાઠવવામાં આવે, ત્યારે વાંક ઉપરથી પસાર થતી આગગાડીનાં પૈડાં ઉપરનેા પાટાઓનેા મધ્યબિંદુ તરફ લઈ જતેા ધક્કેા (સેન્ટ્રિપેટલ થ્રસ્ટ) પૈડાંની ફ્લેંજ (કીનારી) ઉપર કાર્ય કરે છે અને સડક ઉપરનેા પૈડાંનેા મધ્યબિંદુ ત્યાગી ધક્કેા (સેન્ટ્રિફ્યુગલ થ્રસ્ટ) પૈડાંને પેાતાનાં સ્થાનની બહાર બાજુએ હડસેલવાનું વલણ કરશે. પણ સડક સાથે વજન અને પાટાઓની અંદરના મધ્યપ્રેરક બળ (સેન્ટ્રિપેટલ ફોર્સ)નાં લબ્ધ (રીઝલ્ટન્ટ = બે અથવા વધારે બળ સાથે મળવાથી ઉત્પન્ન થતું જોર)નું છેદન રાખવા માટે બહારનેા પાટેા અંદરના પાટા કરતાં ઉંચેા રાખવામાં આવે છે, અને તેથી સડક આડી સપાટીને ઢળતી રાખવામાં આવે છે.

ચોક્કસ ઝડપ માટે બહારનો પાટો કેટલો ઉંચો રાખવો જોઈએ તે સહેલાઇથી ઢાળવાળી સપાટી (ઇન્કલાઇન્ડ પ્લેન)ના દાખલા પ્રમાણે શોધી શકાય છે.

તેજ પ્રમાણે મોટરકાર માટેના રસ્તા ઉપર આવતા વાંકવાળા ભાગોને તેની પહોળાઈએ આડી સપાટીથી ઢળતા રાખવામાં આવે છે. આ વાંકવાળા ભાગોને તેની પહોળાઇએ વધુમાં વધુ અમુક ઝડપ માટે આપવા પડતા ઢાળનો ખૂણો ત્રિકોણ સંજ્ઞાઓ (trigonometrical functions) ઉપરથી નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય છે:—

ત્રિકોણ સંજ્ઞાઓ (ત્રિગોનોમેટ્રિકલ ફંકશન્સ Trigonometrical functions).—આકૃતિ ૪માં આપેલા કાટકોણ ત્રિકોણની બાજુઓ AB અને BC લંબાઈ ACથી સ્વતંત્ર છે, અને આપેલા ખૂણા BACનાં મોટાપણા (magnitude) ઉપર આધાર રાખે છે.



આકૃતિ ૪.

$\frac{BC}{AC} = \frac{\text{ઉંચાઇ}}{\text{લંબાઇ}} = \frac{h}{l}$ ને ખૂણા BACની "ભુજજ્યા" એટલે "સાઇન" (Sine) કહેવામાં આવે છે અને તેને ટુંકમાં "Sin ∠BAC" લખવામાં આવે છે.

$\frac{AB}{AC} = \frac{\text{પાયો}}{\text{લંબાઇ}} = \frac{b}{l}$ ને ખૂણા BACની "કોટિજ્યા" એટલે "કોસાઇન" (Cosine) કહેવામાં આવે છે અને તેને ટુંકમાં "cos ∠BAC" લખવામાં આવે છે.

$\frac{BC}{AB} = \frac{\text{ઉંચાઇ}}{\text{પાયો}} = \frac{h}{b}$ ને ખૂણા BACની "સ્પર્શજ્યા" એટલે "ટેન્જન્ટ" (Tangent) કહેવામાં આવે છે અને તેને ટુંકમાં "tan ∠BAC" લખવામાં આવે છે.

પહેલાં, વાંકવાળા ભાગને આપેલી વધુમાં વધુ ઝડપ માટે તેની આપેલી પહોળાઈએ આડી સપાટીથી જેટલો ઢાળ જોઇએ તે ઢાળની ઉંચાઇ ઢાળવાળી સપાટી (ઇન્કલાઇન્ડ પ્લેન)ના દાખલા પ્રમાણે શોધી કાઢવામાં આવે છે. આ શોધી કાઢેલી ઉંચાઇ અને રસ્તાની આપેલી આડી પહોળાઇ એટલે પાયાવાળો એક કાટકોણ ત્રિકોણ બનશે, ત્યારે

$$\text{ઢાળના ખૂણાની “સ્પર્શજ્યા” એટલે “ટેન્જન્ટ”} = \frac{\text{ઉંચાઈ}}{\text{પાયો}} = \frac{h}{b}$$

ઘણીખરી એન્જીનીયરીંગ પોકેટ બુકોમાં અને ટેક્ષટ બુકોને છેડે ત્રિકોણ સંજ્ઞાઓનો કોઠો આપેલો હોય છે તેમાં “સ્પર્શજ્યા” એટલે “ટેન્જન્ટ”નાં ખાના અથવા કોલમમાં જોતાં આ શોધી કાઢેલી સ્પર્શજ્યા એટલે ટેન્જન્ટને લગતો ખૂણો મળી શકે છે.

દાખલો ૧૨.—એક લોકોમોટીવ એન્જીન જેનું વજન ૫૫ ટન છે તે દર કલાકે ૨૦ માઇલની ઝડપે ૧૨૦૦ ફુટની ત્રિજ્યાના વાંકની ફરતે દોડે છે, તો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સને લીધે બહારની બાજુના પાટા (rail) ઉપર કેટલું આડી દિશાનું દબાણ આવશે તે શોધો? જો રેલવે એટલે આગગાડીની સડકનો ગેજ (બન્ને પાટા વચ્ચેની પહોળાઇ) ૪ ફુટ ૮½ ઇંચ હોય તો અંદરના પાટા કરતાં બહારનો પાટો કેટલો ઉંચો રાખવો જોઇએ કે જેથી તે દબાણ બન્ને પાટા ઉપર એકસરખી રીતે વહેંચાઈ જાય.

$$\text{દર સેકન્ડે ઝડપ (વેલોસીટી)} = \frac{૨૦ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦}$$

$$= \frac{૮૮}{૩} \text{ ફુટ દર સેકન્ડે.}$$

$$\text{સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ} = \frac{Wv^2}{gr} = \frac{૫૫ \times ૨૨૪૦ \times ૮૮ \times ૮૮}{૩ \times ૩ \times ૩૨ \times ૧૨૦૦}$$

$$= \underline{૨૭૬૦.૬ \text{ પૌંડ.}}$$

જો અંદરની અને બહારની બાજુના બન્ને પાટા એકજ સરખી સપાટીએ હોત, તો પૈડાંઓની ફ્લૅંજ બહારના પાટા ઉપર ૨૭૬૦.૬

પૌંડનાં જોર વડે આડી દિશામાં દબાણ કરતે. અંદરના પાટાની લાઈનની સપાટીથી બહારના પાટાની લાઈનને ઉંચી કરવાથી લોકોમોટીવ એન્જીન ઢાળ ઉપર ઉભેલું હોય એમ થાય છે અને આ પ્રમાણે બહારના પાટાને સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સથી મુક્ત કરવામાં આવે છે.

ધારો કે, h = અંદરના પાટાની સપાટી કરતાં બહારના પાટાની સપાટીની ઉંચાઈ.

b = પાટાઓ વચ્ચેનું અંતર = ૪′ – ૮½″.

F = લોકોમોટીવ એન્જીન ઉપરનો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ = ૨૭૬૦.૬ પૌંડ.

ત્યારે, ઢાળના પાયાને સમાંતર કાર્ય કરતાં જોર સાથની ઢાળવાળી સપાટી (ઈન્કલાઇન્ડ પ્લેન)ના દાખલા પ્રમાણે—

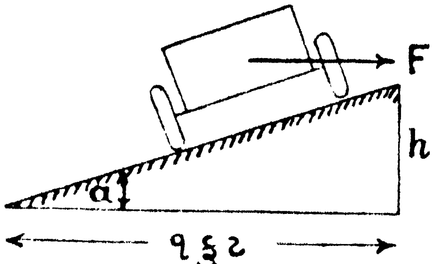
$$F : W :: h : b$$

$$૨૭૬૦.૬ : ૫૫ \times ૨૨૪૦ :: h : ૫૬.૫''$$

$$\therefore h = \frac{૨૭૬૦.૬ \times ૫૬.૫}{૫૫ \times ૨૨૪૦} = \underline{૧.૨૬૬ \text{ ઈંચ}}$$

દાખલો ૧૩.—એક મોટરકાર માટેના રસ્તા ઉપરનો એક ભાગ ૪૪૦ ફુટની ત્રિજ્યાના વાંકવાળો છે, તો રસ્તાના આ ભાગને તેની પહોળાઈએ કેટલો ઢાળવાળો બાંધવો જોઈએ કે જેથી જ્યારે મોટરકાર દર કલાકે વધુમાં વધુ ૫૦ માઈલની ઝડપે દોડતી હોય ત્યારે રસ્તા ઉપર સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સની અસર સમતોલ થાય. વળી આ ઢાળનો ખૂણો શોધો, અને તે વેળાએ મોટરકારનાં વજનનાં દર ટન દીઠ આ જોર કેટલું હશે તે શોધો ?

દર સેકન્ડે વેગ (વેલોસીટી) $= v = \frac{૫૦ \times ૫૨૮૦}{૬૦ \times ૬૦}$



આકૃતિ ૫.

$= \frac{૨૨૦}{૩}$ ફુટ દર સેકન્ડે.

સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ $= \frac{Wv^2}{gr}$

$= \frac{૨૨૪૦ \times ૨૨૦ \times ૨૨૦}{૩ \times ૩ \times ૩૨ \times ૪૪૦}$

$=$ ૮૫૫·૫ પૌંડ દર ટન દીઠ

ધારો કે, $h =$ રસ્તાની એક ફુટ આડી પહોળાઈ દીઠ રસ્તાની પહોળાઇના ઢાળની ઉંચાઇ.

$$F : W :: h : b$$

$$૮૫૫·૫ : ૨૨૪૦ :: h : ૧૨''$$

$$\therefore h = \frac{૮૫૫·૫ \times ૧૨}{૨૨૪૦} = \text{૪·૫૮૩ ઇંચ દર ફુટ પહોળાઈ દીઠ}$$

આ ઢાળનો ખૂણો a ત્રિકોણ સંજ્ઞાઓ (ત્રિગોનોમેટ્રિકલ ફંક્શન) વડે નક્કી કરી શકાશે.

આ દાખલામાં દર ફુટ આડી સપાટી એટલે પાયા દીઠ ઉંચાઈ ૪·૫૮૩ ઇંચ છે, ત્યારે

પાયો $= b =$ ૧૨ ઇંચ, અને ઉંચાઈ $= h =$ ૪·૫૮૩ ઇંચ છે.

ત્યારે ઢાળના ખૂણા aની સ્પર્શ જયા એટલે ટેન્જન્ટ $= \frac{h}{b}$

$$= \frac{૪·૫૮૩}{૧૨} = ·૩૮૨$$

$$\tan \angle a = ·૩૮૨.$$

ત્રિકોણ સંજ્ઞાઓના કોઠામાં જોતાં જણાશે કે સ્પર્શ જયા એટલે ટેન્જન્ટ ·૩૮૨નો ખૂણો ૨૦ ડીગ્રી ૫૫ મીનીટ છે, એટલે દર ફુટ પહોળાઈ દીઠ ૪·૫૮૩ ઇંચના ઢાળનો ખૂણો **૨૦ ડીગ્રી ૫૫ મીનીટ** છે.

એકસસાઇઝ ૩૭.

૧. એક પદાર્થ જેના જથ્થાનું વજન ૨૫ પૌંડ છે તે ૧૪ ઇંચની ત્રિજ્યાનાં વર્તુલમાં એક ધરી આસપાસ દર સેકન્ડે ૬૦ ફુટની ઝડપે ફરે છે, તો ધરી ઉપરનું ખેંચાણ શોધો?

૨. ૫ પૌંડનાં વજનને દોરીના એક છેડા સાથે બાંધી તે દોરીનો બીજો છેડો હાથમાં પકડી તેને ૩ ફુટ વ્યાસનાં વર્તુલ માર્ગમાં દર મીનીટે ૮૦ આંટાની ઝડપે ગોળ ફેરવવામાં આવે છે, તો તે દોરી ઉપર આવતું તોડી નાંખનારૂં જોર શોધો? જો વજન બમણું કરવામાં આવે તો કેટલું ખેંચાણ આવશે? જો ઝડપ બમણી કરવામાં આવે તો કેટલું ખેંચાણ આવશે? જે વર્તુલ માર્ગમાં તે પદાર્થ ફરે છે તેની ત્રિજ્યા બમણી કરવામાં આવે તો શું જવાબ આવશે?

૩. ૨$\frac{1}{2}$ પૌંડનાં વજનના એક પદાર્થને ૪ ફુટ લાંબી દોરીને છેડે બાંધી તેને વર્તુલમાં ગોળ ફેરવવામાં આવે છે, જે વર્તુલની ત્રિજ્યા દોરીની લંબાઈ છે; તો જ્યારે દોરી ઉપર આવતું ખેંચાણ ૨૦ પૌંડ હોય ત્યારે તે પદાર્થ કેટલી ઝડપે ફરતો હશે?

૪. એક સાઇક્લીસ્ટ અને તેની બાઇસીકલનું વજન ૧૨ સ્ટોન છે. તે દર કલાકે ૧૫ માઇલની ઝડપે એક વાંકવાળો ખૂણો જેની ત્રિજ્યા ૮૦ ફુટ છે તે પસાર કરે છે, તો તે વાંક પસાર કરતી વેળા કાર્ય કરતું ઉન્મધ્યપ્રેરક બળ શોધો?

૫. ૩ ફુટ વ્યાસનું એક વ્હીલ (ચક્કર) તેની ધરી ઉપર દર મીનીટે ૧૨૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે અને તેને સમતોલ કરેલું છે. જો તે વ્હીલની રીમ ઉપર ૧$\frac{1}{2}$ પૌંડનું વજન બેસાડવામાં આવે, તો આ ૧$\frac{1}{2}$ પૌંડનાં વજનને લીધે ધરી ઉપર ઉત્પન્ન થતું ખેંચાણ કેટલું હશે?

૬. એક દાંતાનું ચક્કર જેનું વજન ૧૮૦૦ પૌંડ છે તેનું ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ તેની ગોળ ફરવાની ગતિનાં મધ્યબિંદુથી $\frac{1}{8}$ ઇંચ દુર છે. જો તે વ્હીલ દર મીનીટે ૧૬૦ આંટાની ઝડપે ફરતું હોય તો શાફ્ટ ઉપર કેટલું ખેંચાણ આવશે?

૭. દર મીનીટે ૧૨૦૦ આંટાની ઝડપે ચાલતાં એક યંત્રમાં ૧૩/૪ ફુટની ત્રિજ્યાએ ૩/૪ પૌંડનો નહિં સમતોલ થયલો જથ્થો છે, તો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સને લીધે બેરીંગો ઉપર કેટલું ખેંચાણ આવશે ?

૮. એક આગગાડીનો ડબ્બો જેના જથ્થાનું વજન ૨૦ ટન છે તે ૧૬૦૦ ફુટની ત્રિજ્યાના વાંક ઉપર દર કલાકે ૪૫ માઇલની ઝડપે દોડે છે, તો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ શોધો ?

૯. એક સેગમેન્ટલ ફ્લાઈ વ્હીલ જે દર મીનીટે ૬૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે તેની રીમના દરેક સેગમેન્ટનું વજન તેને જે આરા સાથે જોડેલો છે તે સાથે ૨૪૦૦ પૌંડ છે, અને આ ભાગનો જથ્થો ફ્લાઈ વ્હીલની ધરીનાં મધ્યબિંદુથી ૬ ફુટનાં અંતરે એકઠો થયલો છે એમ લઈએ તો રીમના સેગમેન્ટ અને આરાને વ્હીલના બોસમાંથી બહાર ખેંચી કાઢવાનું વલણ કરતું જોર કેટલું હશે ?

૧૦. એક એન્જીન લેથની ૧૮ ઇંચિ વ્યાસની ફેસ પ્લેટ ઉપર એંગલ પ્લેટ બાંધી તે ઉપર દાગીનો પકડી તેને ટર્ન કરવામાં આવે છે. ફેસ પ્લેટ દર મીનીટે ૪૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે. એંગલ પ્લેટ અને દાગીનાના જથ્થાનું વજન ૬૦ પૌંડ છે અને તે જથ્થાનું ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ લેથ મેન્ડ્રીલનાં મધ્યબિંદુથી ૫ ઇંચ દુર છે, તો એંગલ પ્લેટ અને દાગીનાના આ જથ્થાને સમતોલ કરવા માટે તેની સામે મેન્ડ્રીલનાં મધ્યબિંદુથી ૭ ઇંચ દુર કેટલું વજન ફેસ પ્લેટ ઉપર બાંધવું જોઈએ ?

૧૧. એક નાનાં સ્ટીમ ટરબાઇનની બ્લેડનો જથ્થો ૰૦૫ પૌંડ છે અને તે ૮ ઇંચ વ્યાસનાં વતુલના પરિઘમાં દર મીનીટે ૨૪૦૦૦ વખત ફરે છે, તો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ શોધો ?

૧૨. ૧૦૦ પૌંડ વજનના એક પદાર્થનું ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ ધરીથી ૧૫ ઇંચ દુર છે અને તે દર મીનીટે ૨૫૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, તો તેનો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સ કેટલો હશે ?

૧૩. એક ડીસ્ક પોતાની ધરી ઉપર ટુ કરેલી છે અને તે દર મીનીટે ૧૦૦ વખત ફરે છે. ૪ પૈાંડનાં વજનની એક લોખંડની પીન ધરીનાં મધ્યથી ૯ ઇંચ દુર ડીસ્કમાં બેસાડવામાં આવે છે, તો તે પીનને સમતોલ કરવા માટે તેની સામેની બાજુએ ધરીથી ૩ ઇંચ દુર કેટલો જથ્થો મુકવો જોઈશે ?

૧૪. એક ફ્લાઈ વ્હીલ જેનો વ્યાસ ૨૦ ફુટ છે તે દર મીનીટે ૮૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, તો આરાનાં જોડાણુથી તે ઉપર કશી અસર થતી નથી એમ માની લઈ સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સને લીધે તેની રીમ ઉપર આવતું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ જોર (સ્ટ્રેસ) શોધો ? જે ધાતુની રીમ બનેલી છે તે ધાતુના એક ઘનફુટ જથ્થાનું વજન ૫૦૦ પૈાંડ છે. જો તે ધાતુનું ખેંચાણનું જોર (ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેંગ્થ) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬૦૦૦ પૈાંડથી વધે નહિં એ પ્રમાણે જોઈએ તો તે ફ્લાઈ વ્હીલને સલામતી સાથે કેટલી ઝડપે ફેરવી શકાશે ?

૧૫. એક બીડનાં વ્હીલની રીમ દર સેકન્ડે ૧૬૦ ફુટની ઝડપે ફરે છે. જો રીમમાં સમાયલી ધાતુનો જથ્થો દર ઘનફુટ દીઠ ૪૫૦ પૈાંડ હોય તો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સને લીધે આવતું ખેંચાણનું જોર (ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ શોધો ?

૧૬. એક સેગમેન્ટલ ફ્લાઈ વ્હીલની રીમના દરેક સેગમેન્ટનું વજન તેને જે આરા સાથે જોડેલો છે તે સાથે ૨૧૦૦ પૈાંડ છે અને તે જથ્થો તે વ્હીલની ધરીનાં મધ્યબિંદુથી ૬ ફુટ દુર એકઠો થયલો છે એમ લેવાનું છે. જો દરેક આરાને તોડી નાંખનારૂં જોર (બ્રેકીંગ સ્ટ્રેસ) ૧૦૦૦૦૦ પૈાંડ હોય, તો વ્હીલની રીમનું બંધનકારક જોર (બાઈન્ડીંગ સ્ટ્રેંગ્થ) ધ્યાનમાં ન લેતાં આરાઓ ભાંગી જવા વિના ફ્લાઈ વ્હીલને દર મીનીટે વધુમાં વધુ કેટલા આંટાની ઝડપે ફેરવી શકાય ?

૧૭. મોટર સાઇકલ માટેના એક અંડાકાર (oval ઓવલ) રસ્તાને ૮૦ વારની ઓછામાં ઓછી ત્રિજ્યા છે અને તેને દર કલાકે ૬૦ માઇલની વધુમાં વધુ ઝડપને અનુકૂળ આવે એમ તેની પહોળાઇએ

ઢાળ પડતો બનાવવાનો છે, તો જે જગ્યાએ ઓછામાં ઓછી ત્રિજ્યા હોય તે જગ્યા આગળના રસ્તાનાં છેદચિત્ર (ક્રોસ સેક્શન)નો ઢાળ શોધો ?

૧૮. એકજ ટુકડેની નક્કર રીમ સાથનું એક બીડનું ફ્લાઇ વ્હીલ જેની ધાતુનું વધુમાં વધુ ખેંચાણનું જોર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ [illegible] ટન છે તે ધીમે ધીમે વધતી ઝડપે ફરે છે, તો જ્યારે વ્હીલ તૂટી જાય ત્યારે રીમની ઝડપ દર સેકન્ડે કેટલા ફુટ હશે ?

૧૯. ૩ ફુટ વ્યાસની અને ૩ ઇંચ જાડી એક બીડની ડીસ્ક એક ધરી ઉપર ફરે છે, જે ધરીનું મધ્ય ડીસ્કનાં મધ્યથી ૩½ ઇંચ દુર છે, તો દર મીનીટે ૧૨૫ આંટાની ઝડપે તે ધરી ઉપર કેટલું ખેંચાણ આવશે ?

૨૦. એક લોકોમોટીવ એન્જીન જેનું વજન ૭૦ ટન છે તે દર કલાકે ૩૦ માઈલની ઝડપે ¼ માઈલની ત્રિજ્યાના વાંકની ફરતે દોડે છે તો સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સને લીધે બહારના પાટા ઉપર આડી દિશાનું કેટલું દબાણ આવશે તે શોધો ? જો રેલવે એટલે આગગાડીની સડકનો ગેજ ૪ ફુટ ૮½ ઇંચ હોય તો અંદરની બાજુના પાટા કરતાં બહારની બાજુનો પાટો કેટલો ઉંચો રાખવો જોઈએ કે જેથી તે દબાણ બન્ને પાટા ઉપર એકસરખી રીતે વહેંચાઈ જાય ?

૨૧. મોટરકાર માટેના એક રસ્તા ઉપર આવતો વાંક ૬૪૦ ફુટની ત્રિજ્યાનો છે, તો આ વાંકવાળા ભાગને તેની પહોળાઈએ કેટલો ઢાળવાળો બનાવવો જોઈએ કે જેથી જ્યારે મોટરકાર દર કલાકે વધુમાં વધુ ૮૦ માઇલની ઝડપે દોડતી હોય ત્યારે તે વાંક ઉપર સેન્ટ્રિફ્યુગલ ફોર્સની અસર સમતોલ થાય. વળી આ ઢાળ આડી સપાટી સાથે કેટલા અંશનો ખૂણો કરશે તે શોધો, અને તે વેળાએ મોટરકારનાં વજનનાં દર ટન દીઠ આ જોર કેટલું આવશે તે શોધો ?

પ્રકરણ ૪થું

યંત્રોની કેટલીક રચનાઓ.

કેમ્સ (Cams).—ગોળ ગતિનું સીધી લીટીની ગતિમાં રૂપાંતર કરવા માટે યંત્રોમાં "કેમ" વપરાય છે. કેમ ઘણું કરીને ડીસ્કના આકારના અથવા નળાકાર હોય છે. તેઓ એક ધરી આસપાસ ફરે છે અને તેમના પરીઘ અથવા સપાટીના આકારની મદદ વડે અથવા તેમની સપાટીમાંના ગાળા (ગ્રુવ) વડે એક સળીયા (રોડ) માંનાં કોઈ પણ બિંદુને આમતેમની સીધી લીટીની ગતિ આપે છે.

કેમ ઘણું કરીને પોતાની ધરી આસપાસ એકસરખી રીતે ફરે છે, અને સળીયા (ફોલોઅર)ની આમતેમની સીધી લીટીના ગતિ કેમના આકાર ઉપર આધાર રાખીને કોઇપણ પ્રકારની હોઈ શકે તથા ફરવાની ધરીને કોઈપણ ખૂણે ઢળતાં ક્ષેત્રમાં હોઈ શકે.

કેમ્સ જુદી જુદી જાતના હોય છે, જેવા કે, **ફેસ કેમ (face cam). એજ કેમ (edge cam), નળાકાર કેમ (cylindrical cam).**

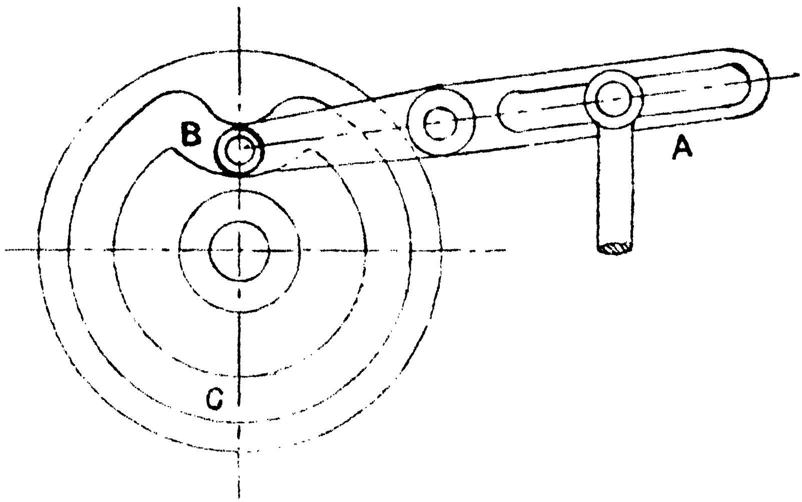
ફેસ કેમ એક પ્લેટ છે જેની બાજુ (ફેસ) ઉપર ફોલોઅર એટલે સળીયાની જોઇતી અમુક ગતિ માટે સુગમ પડતા આકારનો એક વાંકવાળો ગાળો બનાવેલો હોય છે.

એજ કેમ એક પ્લેટ છે જેને વાંકવાળી ધાર હોય છે જે ધારનાં કાર્યથી તે લીવરને, રોડને (સળીયાને), અથવા મીકેનીઝમ (યંત્રની રચના)ના બીજા ભાગોને જોઈતી ગતિ આપે છે. લીવર અથવા રોડને છેડે ઘણું કરીને એક રનર અથવા રોલર આપેલો

હોય છે જેથી ઘર્ષણ ઓછું થાય છે, અને ફેસ કેમમાં તે રોલર ગાળામાં કાર્ય કરે છે અને એજ કેમમાં તે રોલરને વજન વડે અથવા સ્પ્રીંગનાં કાર્ય વડે કેમની ધાર સાથે સંબધમાં રાખવામાં આવે છે.

નળાકાર કેમ એક નળો છે જેની બહારની નળાકાર સપાટી ઉપર ફોલોઅરની જોઈતી અમુક ગતિ માટે સુગમ પડતા આકારનો એક વાંકવાળો ગાળો બનાવેલો હોય છે. એમાં ફોલોઅરની આમ તેમની ગતિની દિશા કેમની ધરીને સમાંતર હોય છે.

આકૃતિ ૬માં ફેસ કેમ બતાવ્યો છે જે સ્લોટીંગ મશીનનાં ફીડ મોશન એટલે કાપતાં ઓજારને ફીડ આપવાની ગતિ માટેની કેમની



આકૃતિ ૬

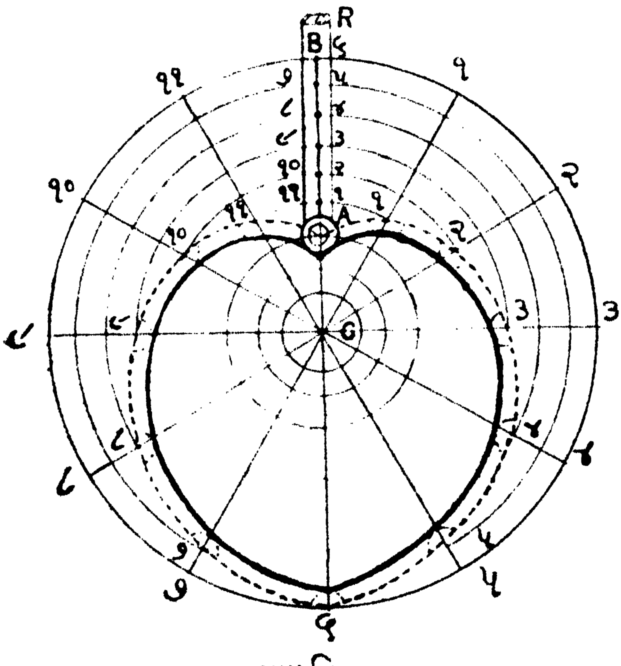
રચના છે. લીવર Aના એક છેડા ઉપર સખત કરેલો પોલાદનો એક રનર અથવા રોલર B આપેલો હોય છે જે કેમના ગાળા (ગ્રુવ) Cમાં કાર્ય કરે છે, અને બીજા છેડાને એક કનેકટીંગ રોડ સાથે જોડેલો છે, જે કનેકટીંગ રોડ ઓજારને આપવાની ફીડ માટેના રેચેટ (ratchet) ઉપર જરૂર પડતી ગતિનું સંચારણ કરે છે. આ બાબતમાં લીવરની ગતિ ઘણી ઓચિંતી જોઈએ છે, તેટલા માટે ગાળાની રૂપરેખા (પ્રોફાઈલ profile) માત્ર ટુંકા અંતર શિવાય ગોળાકાર છે. જ્યારે

લીવરને છેડેનું રોલર ગાળા (ગ્રુવ)ના ગોળાકાર ભાગમાં હોય છે ત્યારે લીવરને ગતિ મળતી નથી. કેમના ગાળા જુદા જુદા આકારના બનાવી શકાય છે, જેથી કોઈ પણ જરૂર પડતી ગતિ આપી શકાય છે.

ફોલોઅર એટલે સળીયાની જોઈતી ગતિ માટે ફેસ કેમના ગાળાની અથવા એજ કેમની ધારની જોઈતી રૂપરેખા એટલે પ્રોફાઈલ યેાજવાની રીતેા નીચે પ્રમાણે છે:—

હાર્ટ કેમ (Heart Cam) એટલે હૃદયના જેવા આકારનેા કેમ.—ધારેા કે કેમ-પ્લેટની ગતિનાં મધ્યબિંદુ Cમાંથી પસાર થતી રેખામાં અને ગાઇડસ (guides)ની વચ્ચે ઉભી દિશામાં ચાલતા એક સળીયાને એક સરખી આમતેમની ગતિ આપવાની જરૂર છે.

ધારેા કે આકૃતિ ૭માં દેખાડ્યા પ્રમાણે સરકતેા સળીયેા તેનાં સૌથી નીચલાં સ્થાને છે, અને જ્યારે તે સળીયેા તેનાં સૌથી ઉંચેનાં સ્થાને હોય ત્યારે ધારેા કે તેનેા છેડેા બિંદુ ૬ આગળ છે. આ પ્રમાણે જે અંતર પસાર થાય છે તેને ટ્રેવલ એટલે ચાલ કહેવામાં આવે છે, અને તે કેમના અર્ધા આંટા (રેવોલ્યુશન) દરમ્યાન પસાર થશે. જોઈતી વાંકવાળી રૂપરેખા (પ્રોફાઈલ profile) નીચે પ્રમાણે મેળવી શકાયઃ—



આકૃતિ ૭.

જે શાફ્ટ ઉપર કેમ ફરે છે તેનું મધ્યબિંદુ C છે. મધ્યબિંદુ તરીકે Cને લઈ બે વર્તુલો દોરો, જેમાંનાં મોટાં વર્તુલની ત્રિજ્યા મધ્યબિંદુ Cથી કેમની જોઈતી વાંકવાળી રૂપરેખાનાં સૌથી વધુમાં વધુ અંતરની બરાબર છે, અને નાનાં વર્તુલની ત્રિજ્યા મધ્યબિંદુ Cથી કેમની જોઈતી વાંકવાળી રૂપરેખાનાં સૌથી ઓછામાં ઓછા અંતરની બરાબર છે. ત્યારે આ બે વર્તુલો વચ્ચેનું અંતર AB રોડ Rના છેડાની દરેક દિશાની ચાલ થશે. જુઓ આકૃતિ ૭. સળીયાની ચાલ (ટ્રેવલ) ABને સરખા ભાગોની કોઇ પણ સંખ્યામાં, કહો કે, ૭ સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરો, અને દરેક વર્તુલના એક બાજુના અર્ધા પરિઘને ત્રિજ્યાવાળી (radial) લીટીઓ C૧, C૨, C૩, C૪, C૫, અને C૬ વડે તેટલાજ એટલે ૭ સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરો. ત્યાર બાદ Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૧ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક (arc) ત્રિજ્યા C૧ને બિંદુ ૧ આગળ મળે એમ દોરો. Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૨ને ત્રિજ્યા તરીકે લઇ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૨ને બિંદુ ૨ આગળ મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળાં આર્ક ત્રિજ્યા C૩, C૪, C૫, અને C૬ને બિંદુઓ ૩, ૪, ૫, અને ૬ આગળ મળે એમ દોરો. આ બિંદુઓમાંથી દોરાયલો વાંક ફેસ કેમની બાબતમાં તેની એક બાજુના ગાળાની અને એજ કેમની બાબતમાં તેની એક બાજુની ધારની રૂપરેખા દર્શાવશે, જે વડે સળીયાને તેનાં સૌથી નીચલાં સ્થાનથી સૌથી ઉંચાં સ્થાન સુધીની ગતિ મળશે. એજ પ્રમાણે દરેક વર્તુલના બીજી બાજુના બાકીના પરિઘને પણ ત્રિજ્યાવાળી લીટીઓ C૭, C૮, C૯, C૧૦, C૧૧, અને C૧૨ વડે તેટલાજ એટલે ૭ સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરો અને ત્યાર બાદ Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૭ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક (arc) ત્રિજ્યા C૭ને બિંદુ ૭ આગળ મળે એમ દોરો. Cને મધ્ય તરીકે લઈ C૮ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૮ને બિંદુ ૮ આગળ મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળાં આર્ક C૯, C૧૦, C૧૧,

અને C૧૨ને બિંદુઓ ૯, ૧૦, ૧૧, અને ૧૨ આગળ મળે એમ દોરો. આ બિંદુઓમાંથી દોરાયલો વાંક ફેસ કેમની બાબતમાં તેની સામી બાજુના ગાળાની અને એજ કેમની બાબતમાં તેની સામી બાજુની ધારની રૂપરેખા (પ્રોફાઈલ) દર્શાવશે જે વડે સળીયાને તેનાં સૌથી ઉંચાં સ્થાનથી સૌથી નીચલાં સ્થાન સુધીની વળતી ગતિ મળશે. આ પ્રમાણે બનેલો કેમ સળીયાને ઉભી દિશામાં જોઇતી એકસરખી આમતેમની ગતિ આપશે.

એજ કેમ સાથે જો તેની ઉપરથી આમતેમની ગતિ મેળવતા સળીયાને છેડે ઘર્ષણ ઓછું કરવા માટે રોલર આપવામાં આવ્યું હોય, તો કેમની ધારના આકારમાં એવી રીતે ફેરફાર કરવો જોઇએ કે જેથી રોલરનું મધ્ય ઉપર પ્રમાણે મેળવેલા કેમના વાંકની રૂપરેખા (પ્રોફાઈલ) ઉપર ચાલશે. આ પ્રમાણે કરવા માટે મૂળ વાંકની અંદરની બાજુએ તે મૂળ વાંક ઉપર મધ્યબિંદુઓ લઈ રોલરની ત્રિજ્યાનાં અર્ધ વર્તુલો દોરવાં જોઇએ, અને ત્યારપછી આ વર્તુલોને અડે એમ મૂળવાંકની અંદરની બાજુએ સમાંતર વાંક આકૃતિ ૭માં જાડી લીટી વડે દેખાડ્યા પ્રમાણે દોરવામાં આવે છે. આ પ્રમાણે દોરેલો વાંક એજ કેમની ધારની રૂપરેખા (પ્રોફાઈલ) આવશે.

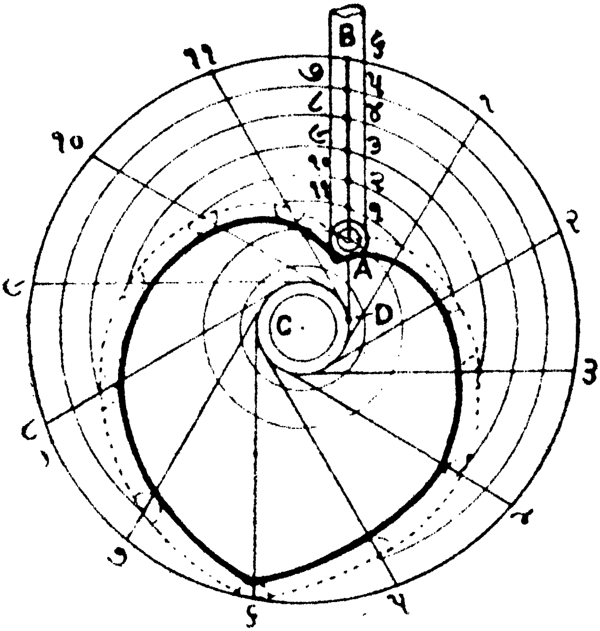
આગળ આપણે જે વાંક મેળવ્યો છે તે ફેસ કેમની બાબતમાં તેમાં જોઇતા ગાળાનું મધ્ય છે. ફેસ કેમના ગાળામાં લીવરને છેડે આપેલું રોલર ફરી શકે એવો ગાળો મેળવવા માટે જોઇતી પહોળાઈ જેટલા વ્યાસનાં વર્તુલોની હાર નક્કી કરેલા વાંક ઉપર તેમનાં મધ્યબિંદુઓ લઈ દોરવામાં આવે છે, અને વર્તુલોને અડે એમ મધ્યના વાંકની અંદર અને બહાર સમાંતર વાંકો દોરવામાં આવે છે. આ પ્રમાણે ફેસ કેમ માટેનો જોઇતી પહોળાઈનો ગાળો મળશે.

જ્યારે સળીયાની ચાલની રેખા કેમની ગતિનાં મધ્યબિંદુ (એટલે કેમ-શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુ)માંથી પસાર ન થતાં તેની કોઈપણ

એક બાજુએ અમુક અંતરે આપેલાં બિંદુમાંથી પસાર થાય ત્યારે કૅમની રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) દોરવાની રીત નીચે પ્રમાણે છેઃ—

આકૃતિ ૭માં દોરેલા કૅમમાં સળીયાની ચાલની રેખા કૅમ-પ્લેટની ગતિનાં એટલે કૅમ-શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુ Cમાંથી પસાર થાય છે. પણ જો સળીયાની ચાલની રેખા કૅમ-શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુ Cમાંથી પસાર ન થતાં તેની એક બાજુએ કોઇપણ અંતરે આપેલા બિંદુમાંથી પસાર થતી હોય તો આકૃતિ ૮મા દેખાડ્યા પ્રમાણે કૅમની રૂપરેખા પ્રોફાઇલ) દોરવામાં આવે છે. આગળ જણાવ્યા પ્રમાણે મધ્યબિંદુ તરીકે કૅમ-શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુ Cને લઇ બે વર્તુલો દોરો જેમાંનાં મોટાં વર્તુલની ત્રિજ્યા મધ્યબિંદુ Cથી કૅમની જોઇતી વાંકવાળી રૂપરેખાનાં સૌથી વધુમાં વધુ અંતરની બરાબર છે અને નાનાં વર્તુલની ત્રિજ્યા મધ્યબિંદુ Cથી કૅમની જોઇતી વાંકવાળી રૂપરેખાનાં સૌથી ઓછામાં ઓછા અંતરની બરાબર છે. હવે સળીયાની ચાલની રેખા કૅમ-શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુ Cની એક બાજુએ (અત્રે આપણે જમણી બાજુએ લઇશું) અમુક અંતરે આવેલાં બિંદુ Dમાંથી પસાર થાય છે, માટે મધ્યબિંદુ Cથી આપેલાં અંતરને ત્રિજ્યા તરીકે લઇ એક બીજું વર્તુલ દોરો, અને D બિંદુમાંથી આ વર્તુલને સ્પર્શરેખારૂપ એક ઉભી લીટી DB દોરો. આ લીટી ઉપર મોટાં અને નાનાં વર્તુલો વચ્ચેનું અંતર AB સળીયાની દરેક દિશાની ચાલ થશે. સળીયાની આ ચાલ (ટ્રેવલ) ABને આગળ પ્રમાણે સરખા ભાગોની કોઇપણ સંખ્યામાં, કહો કે. ૭ સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરો અને દરેક વર્તુલના દરેક બાજુના અર્ધા પરિધને B બિંદુ આગળથી શરૂ કરી તેટલાજ એટલે ૭ સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરો, અને જે વર્તુલને સ્પર્શરેખારૂપ DB લીટી દોરી છે તેજ વર્તુલને સ્પર્શરેખારૂપ લીટીઓ (tangents) મોટાં વર્તુલને તેના વિભાગનાં બિંદુઓ ૧, ૨, ૩, ૪, ૫, અને ૬ આગળ મળે એમ દોરો, અને ત્યારબાદ આકૃતિ ૭માં દેખાડ્યા પ્રમાણે Cને મધ્યબિંદુ લઇ અને C૧ અંતરને ત્રિજ્યા તરીકે લઇ એક આર્ક

સ્પર્શરેખારૂપ લીટી ૧ને મળે એમ દોરો. Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને



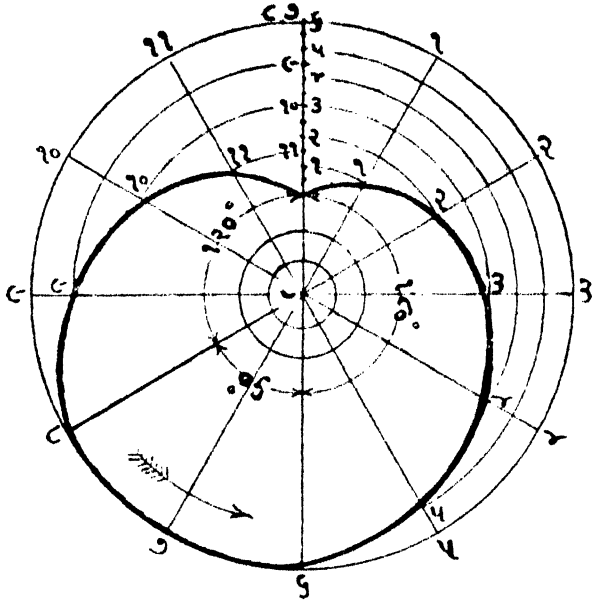
આકૃતિ ૮.

C ૨ અંતરને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક સ્પર્શરેખારૂપ લીટી ૨ને મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળાં આર્ક સ્પર્શરેખારૂપ લીટી-ઓ ૩, ૪, ૫ અને ૬ને મળે એમ દોરો. જે બિંદુઓ આગળ આર્ક (કોંશ) સ્પર્શરેખારૂપ લીટી-ઓને મળે છે તે બિંદુઓમાંથી દોરાયેલો વાંક કેસ કેમની બાબતમાં તેની એક બાજુના ગાળાની અને એજ કેમની બાબતમાં તેની એક બાજુની ધારની રૂપરેખા દર્શાવશે, જે વડે સળીયાને સૌથી નીચલાં સ્થાનથી સૌથી ઉંચાં સ્થાન સુધીની ગતિ મળશે. એજ પ્રમાણે દરેક વર્તુલના બીજી બાજુના બાકીના પરિઘને પણ આકૃતિ ૮માં દેખાડ્યા પ્રમાણે તેટલાજ એટલે છ સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરી આગળ જે વર્તુલને સ્પર્શરેખારૂપ લીટીઓ દોરી છે તેજ વર્તુલને સ્પર્શરેખારૂપ લીટીઓ મોટા વર્તુલના બાકીના અર્ધા પરિઘને તેના વિભાગનાં બિંદુઓ ૭, ૮, ૯, ૧૦, ૧૧ અને ૧૨ આગળ મળે એમ દોરો. ત્યારપછી Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૭ અંતરને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક સ્પર્શરેખારૂપ લીટી ૭ને મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળા આર્ક સ્પર્શ-રેખારૂપ લીટીઓ ૮, ૯, ૧૦, ૧૧ અને ૧૨ને મળે એમ દોરો. જે

બિંદુઓ આગળ આકે સ્પર્શરેખારૂપ લીટીઓને મળે છે તે બિંદુઓમાંથી દોરાયલો વાંક ફેસ કેમની બાબતમાં તેની સામી બાજુના ગાળાની અને એજ કેમની બાબતમાં તેની સામી બાજુની ધારની રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) દર્શાવશે જે વડે સળીયાને તેનાં સૌથી ઉંચાં સ્થાનથી સૌથી નીચલાં સ્થાન સુધીની વળતી ગતિ મળશે.

ખંડિત એટલે આંતરે આંતરેની ગતિ માટેના કેમ.—કેટલીકવાર કેમ વડે આપવામાં આવતી ગતિ ખંડિત એટલે આંતરે આંતરેની (intermittent) હોય છે. દાખલા તરીકે પંચીંગ મશીન (પંચ વડે વેહ પાડવાનાં યંત્ર)ના એક આકારમાં એક કેમ ગોઠવેલો હોય છે જે તેના દરેક આંટા (રેવોલ્યુશન) દરમ્યાન પંચને ઉપર ચઢવાની ગતિ આપે છે, અને ત્યાર બાદ વિશ્રામનો વખત આપે છે અને છેવટે નીચે ઉતરવાની ગતિ આપે છે. આના ઉદાહરણ તરીકે, આપણે સળીયાને ઉભી દિશાની ગતિ આપવા માટેનો એવી જાતનો કેમ યોજ્યે કે જેથી કેમના પહેલા અર્ધા આંટા દરમ્યાન તે સળીયો એકસરખી રીતે ઉપર ઉંચકાશે, ત્યાર પછી $\frac{1}{6}$ આંટા દરમ્યાન ઉભો રહેશે, અને આંટાના બાકીના ભાગ દરમ્યાન એકસરખી રીતે નીચે ઉતરશે.

આગળ પ્રમાણે ધારો કે સળીયાની આમતેમની ગતિ કેમની ફરવાની ગતિનાં મધ્યબિંદુ Cમાંથી પસાર થતી સીધી લીટીમાં છે. ત્યારે આકૃતિ ૯માં દેખાડયા પ્રમાણે Cને મધ્યબિંદુ તરીકે લઈ સળીયાના છેડાનાં સૌથી ઉંચાં અને સૌથી નીચાં સ્થાનોમાંથી પસાર થતાં વર્તુલો દોરો. આ વર્તુલોના પરિઘને આંટાના $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{6}$ અને $\frac{1}{3}$ ભાગોને મળતા આવતા ભાગોમાં અનુક્રમે ૧૮૦ ઑંશ, ૬૦ ઑંશ, અને ૧૨૦ ઑંશના ખૂણાઓ કરતી ત્રિજ્યાવાળી લીટીઓ દોરીને વિભક્ત કરો. સળીયાની ગતિ સમ (uniform) છે, માટે સળીયાની ત્રેવલ એટલે ચાલને સરખા ભાગોની કોઈપણ સંખ્યામાં, કહો કે, બાર સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરો અને વર્તુલોના પરિઘને પણ સરખા ભાગોની તેટલીજ સંખ્યામાં ત્રિજ્યાવાળી લીટીઓ વડે વિભક્ત કરો.



આકૃતિ ૯.

પહેલાં, કેમના પહેલા અર્ધા આંટા (રેવોલ્યુશન) દરમ્યાન સળીયો એકસરખી રીતે ઉપર ઉંચકાય તે માટેનો કેમનો વાંક (કર્વ) નીચે પ્રમાણે શોધીશું:—

આકૃતિ ૯માં દેખાડયા પ્રમાણે સળીયાની ઉપલી દિશાની ચાલ માટેના ૬ સરખા વિભાગોમાંનો પહેલો વિભાગ બીજા ભાગ ઉપર, બીજો વિભાગ ચોથા ભાગ ઉપર, ત્રીજો વિભાગ છઠ્ઠા ભાગ ઉપર, ચોથો વિભાગ આઠમાં ભાગ ઉપર, પાંચમો વિભાગ દશમાં ભાગ ઉપર, અને છઠ્ઠો વિભાગ બારમા ભાગ ઉપર છે. મધ્ય તરીકે Cને લઈ અને C૧ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૧ને બિંદુ ૧ આગળ મળે એમ દોરો. Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૨ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૨ને બિંદુ ૨ આગળ મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળાં આર્ક ત્રિજ્યા C૩, C૪, C૫, અને C૬ને બિંદુઓ ૩, ૪, ૫, અને ૬ આગળ મળે એમ દોરો. આ બિંદુઓમાંથી

દોરાયલો વાંક કેમના પહેલા અર્ધા આંટા (રેવોલ્યુશન) દરમ્યાન સળીયાને સમાન રીતે ઉપલી દિશાની ગતિ આપશે.

હવે ઉપલી દિશાની ગતિ પછી સળીયો કેમના $\frac{1}{6}$ આંટા દરમ્યાન ઉભો રહે છે, માટે પરિધના સાતમા અને આઠમા વિભાગ આગળ સળીયાનો છેડો છઠ્ઠા વિભાગ આગળનાં સ્થાને એટલે સૌથી ઉંચાં સ્થાને છે, એટલે સળીયાની ઉપલી ચાલનાં સૌથી ઉંચાં સ્થાન ૬ આગળજ સાતમા અને આઠમા વિભાગનું સ્થાન છે; માટે Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૭ (જે C૬ની બરાબર છે) ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક C૭ને બિંદુ ૭ આગળ મળે એમ દોરો. એજ પ્રમાણે Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૮ (જે C૬નાં બરાબર છે) ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૮ને બિંદુ ૮ આગળ મળે એમ દોરો. આ ૭ અને ૮ બિંદુઓમાંથી દોરાયલો વાંક કેમના $\frac{1}{6}$ આંટા દરમ્યાન સળીયાના છેડાને કશી પણ ગતિ આપશે નહીં.

હવે બાકીના $\frac{1}{3}$ આંટા દરમ્યાન સળીયો એક સરખી રીતે નીચે ઉતરે તે માટેનો કેમનો વાંક (કર્વ) આપણે નીચે પ્રમાણે શોધીશું:—

સળીયાનો નીચલો છેડો ઉંચે ચઢતાં જેટલું અંતર ચાલે છે તેટલુંજ અંતર નીચે ઉતરતાં ચાલશે, માટે તે અંતરને સળીયાની નીચલી ગતિ માટે પરિધના ૪ વિભાગો બાકી રહેલા હોવાથી ચાર વિભાગોમાં વિભક્ત કરો, જે વિભાગો આકૃતિ ૯માં દેખાડ્યા પ્રમાણે ૯, ૧૦, ૧૧, અને ૧૨ છે, નવમો વિભાગ નવમા ભાગ ઉપર, દશમો વિભાગ છઠ્ઠા ભાગ ઉપર, અગીઆરમો વિભાગ ત્રીજા ભાગ ઉપર, અને બારમો વિભાગ શૂન્ય ભાગ ઉપર છે. હવે મધ્ય તરીકે C ને લઈ અને C ૯ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C ૯ને બિંદુ ૯ આગળ મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળાં આર્ક ત્રિજ્યા C૧૦, C૧૧, અને C૧૨ને બિંદુઓ ૧૦, ૧૧, અને ૧૨

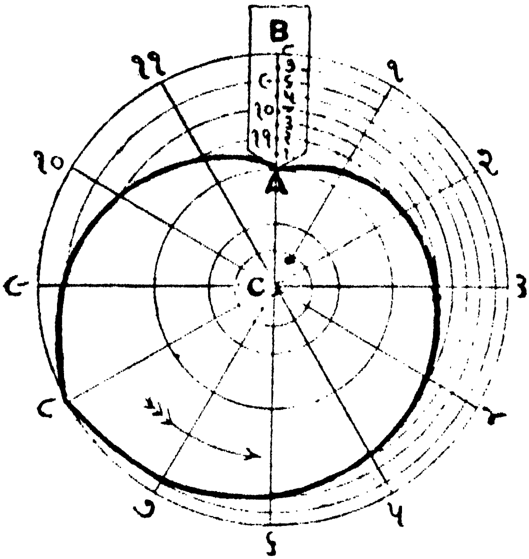
આગળ મળે એમ દોરો. આ બિંદુઓમાંથી દોરાયલો વાંક કેમના છેલ્લા બાકી રહેલા ⅓ આંટા દરમ્યાન સળીયાને નીચલી દિશાની ગતિ આપશે.

આ પ્રમાણે કેમની જોઈતી સંપૂર્ણ રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) આકૃતિ ૯માં જાડી લીટી વડે દર્શાવી છે. જો સળીયાને છેડે ઘર્ષણ ઓછું કરવા માટે રોલર આપવામાં આવ્યો હોય તો આ મેળવેલા વાંક ઉપર મધ્યબિંદુઓ લઈ રોલરની ત્રિજ્યાનાં અર્ધ વર્તુલો તે વાંકની અંદરની બાજુએ દોરવાં, અને ત્યારપછી આ વર્તુલોને અડે એમ મેળવેલા મૂળ વાંકની અંદરની બાજુએ તેને સમાંતર વાંક દોરવો.

જો ઉપલા કેમને ઉલટી દિશામાં ફેરવવામાં આવે તો કેમ વડે ચલાવવામાં આવતો સળીયો કેમના ⅓ આંટા દરમ્યાન ઉપર ચઢશે, ⅙ આંટા દરમ્યાન ઉભો રહેશે, અને બાકી રહેલા ½ આંટા દરમ્યાન નીચે ઉતરશે.

વળતી ઝડપી ચાલ મેળવવા માટેનો કેમ (Quick Return Cam).—જે કેમ વડે ચલાવવામાં આવતા સળીઆની એક દિશાની ચાલ બીજી દિશાની ચાલ કરતાં ઝડપી જોઈતી હોય તો આ જાતનો કેમ યોજવામાં આવે છે. આપણે સળીયાને ઉભી દિશાની આમનેમની સમાન ગતિ આપવા માટેના કેમની રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) યોજ્યે, જેથી તે વડે સળીયાની ઉપલી દિશાની ચાલની ઝડપ નીચલી દિશાની ચાલની ઝડપ કરતાં માત્ર અર્ધી, એટલે સળીયાને ઉપલી દિશામાં ચાલતાં જે વખત લાગે તેનાં કરતાં નીચલી દિશામાં ચાલતાં માત્ર અર્ધો વખત લાગે. વળી કેમની ફરવાની ગતિનાં મધ્યબિંદુથી સળીયાના છેડા સુધીનું વધુમાં વધુ અંતર ૪ ઇંચ અને ઓછામાં ઓછું અંતર ૨ ઇંચ હોય, અને આમતેમ ચાલતા સળીયાની ચાલની રેખાને લંબાવવામાં આવતાં તે કેમ–શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુમાંથી પસાર થાય. આવી જાતના કેમની રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) આપણે નીચે પ્રમાણે યોજીશું:—

કેમની ફરવાની ગતિનાં મધ્યબિંદુથી સળીયાના છેડા સુધીનું વધુમાં વધુ અંતર ૪ ઇંચ અને ઓછામાં ઓછું અંતર ૨ ઇંચ છે, માટે સળીયો ૨ ઇંચ ઉપર ઉંચકાશે અને ૨ ઇંચ નીચે પડશે, ત્યારે આકૃતિ ૧૦માં દેખાડેલું સળીયાની ચાલનું અંતર AB ૨ ઇંચ છે. સળીયાની ઉપલી દિશાની ગતિની ઝડપ નીચલી દિશાની ગતિની ઝડપથી અર્ધી છે, માટે કેમના $\frac{2}{3}$ આંટા દરમ્યાન સળીયો ઉપર ચઢવો જોઈએ, અને બાકીના $\frac{1}{3}$ આંટા દરમ્યાન તે નીચે આવવો જોઈએ.



આકૃતિ ૧૦.

આકૃતિ ૧૦માં દેખાડ્યા પ્રમાણે પહેલાં Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને ગતિનાં મધ્યબિંદુ Cથી સળીયાના છેડાનાં વધુમાં વધુ અંતર ૪ ઇંચને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક મોટું વર્તુલ દોરો અને એજ પ્રમાણે Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને ગતિનાં મધ્યબિંદુ Cથી સળીયાના છેડાનાં ઓછામાં ઓછાં અંતર ૨ ઇંચને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક નાનું વર્તુલ દોરો; ત્યારે આ બે વર્તુલો વચ્ચેનું અંતર AB ૨ ઇંચ છે, જે સળીયાના છેડાની દરેક દિશાની ચાલ થશે. હવે આકૃતિમાં દેખાડ્યા પ્રમાણે વર્તુલોના પરિઘને ૧૨ સરખા ભાગમાં વિભક્ત કરો. પહેલાં, કેમના પહેલા $\frac{2}{3}$ આંટા (રેવોલ્યુશન) દરમ્યાન એટલે પરિઘના આઠ વિભાગ દરમ્યાન સળીયો સમાનરીતે ઉપર ઉંચકાય તે માટેનો કેમનો વાંક (કર્વ) નીચે પ્રમાણે શોધીશું:—

આકૃતિ ૧૦માં દેખાડ્યા પ્રમાણે સળીયાના છેડાથી ઉપલી દિશાની ચાલ માટે તેની ચાલનાં અંતર ABને ૮ સરખા ભાગમાં વિભક્ત કરો. મધ્ય તરીકે Cને લઈ અને C૧ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૧ને મળે એમ દોરો. Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૨ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૨ને મળે એમ દોરો. Cને મધ્ય તરીકે લઈ અને C૩ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૩ને મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળાં આર્ક ત્રિજ્યા C૪, C૫, C૬, C૭, અને C૮ને મળે એમ દોરો. જે બિંદુઓ આગળ આ આર્કસ ત્રિજ્યાઓને મળે છે તે બિંદુઓમાંથી એક વાંક (કર્વ) દોરો, જે વાંક કેમના પહેલા $\frac{1}{2}$ આંટા (રેવોલ્યુશન) દરમ્યાન સળીયાને સમાનરીતે ઉપલી દિશાની ગતિ આપશે.

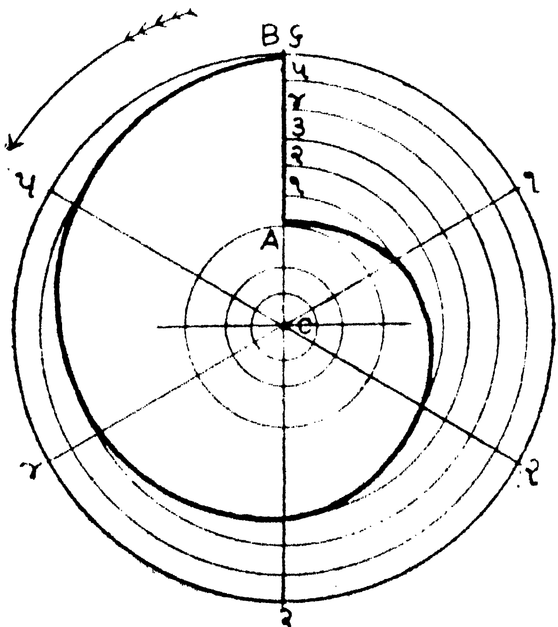
હવે બાકીના $\frac{1}{2}$ આંટા (રેવોલ્યુશન) દરમ્યાન સળીયો સમાનરીતે નીચે ઉતરે તે માટેનો કેમનો વાંક આપણે નીચે પ્રમાણે શોધીશું:—

સળીયાનો નીચલો છેડો ઉંચે ચઢતાં જેટલું અંતર ચાલે છે તેટલુંજ અંતર નીચે ઉતરતાં ચાલશે, માટે તે અંતર ABને સળીયાની નીચલી ગતિ માટે પરિઘના ૪ વિભાગો બાકી રહેલા હોવાથી ૪ વિભાગોમાં વિભક્ત કરો, જે વિભાગો આકૃતિ ૧૦માં દેખાડ્યા પ્રમાણે ૯, ૧૦, ૧૧, અને ૧૨ છે. હવે મધ્ય તરીકે Cને લઈ અને C૯ને ત્રિજ્યા તરીકે લઈ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૯ને મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળાં આર્ક ત્રિજ્યા C૧૦, C૧૧, અને C૧૨ને મળે એમ દોરો. જે બિંદુઓ આગળ આ આર્કસ ત્રિજ્યાઓને મળે છે તે બિંદુઓમાંથી એક વાંક દોરો જે વાંક કેમના છેલ્લા બાકી રહેલા $\frac{1}{2}$ આંટા દરમ્યાન સળીયાને નીચલી દિશાની ઝડપી ગતિ આપશે.

આ પ્રમાણે કેમની જોઈતી સંપૂર્ણ રૂપરેખા (પ્રોફાઈલ) આકૃતિ ૧૦માં જાડી લીટી વડે બતાવી છે. આકૃતિમાં કેમની ફરવાની દિશા તીર વડે બતાવી છે.

જો આ કેમની ફરવાની દિશા ઉલટાવવામાં આવે તો સળીયો કેમના ⅔ આંટા દરમ્યાન ઝડપી ચાલે ઉપર ચઢશે અને બાકીના ⅓ આંટા દરમ્યાન ધીમી ઝડપે નીચે ઉતરશે. આ વેળાએ સળીયાને નીચલી દિશામાં ચાલતાં જે વખત લાગશે તેનાથી અર્ધો વખત ઉપલી દિશામાં ચાલતાં લાગશે.

ફોલોઅર અથવા સળીયાની ઉપલી દિશાની ચાલની ગતિ એક સરખી રીતે અને નીચલી વળતી ચાલની ગતિ તાત્કાલિક મેળવવાને માટેના એજ કેમનો આકાર (પ્રોફાઇલ) નક્કી કરવાની રીત આકૃતિ ૧૧માં બતાવી છે. આગળ વર્ણવ્યા પ્રમાણે Cને મધ્ય તરીકે લઈ બે વર્તુલો દોરો જેની ત્રિજ્યાઓ Cથી સળીયાના છેડા સૂધીનાં ઓછામાં ઓછાં અને વધુમાં વધુ અંતરની બરાબર છે. આ બે વર્તુલો વચ્ચેનું અંતર AB સળીયાના છેડાની દરેક દિશામાંની ચાલ થશે. સળીયાની આ ચાલને સરખા ભાગોની કોઇ પણ સંખ્યામાં, કહો કે, ૭ સરખા ભાગોમાં વિભક્ત કરો. કેમના એક આંટામાં સળીયો સમાન રીતે ઉપર ઉંચકાય છે અને તેજ આંટાને અંતે તે તાત્કાલિક નીચે પડે છે, માટે વર્તુલોના

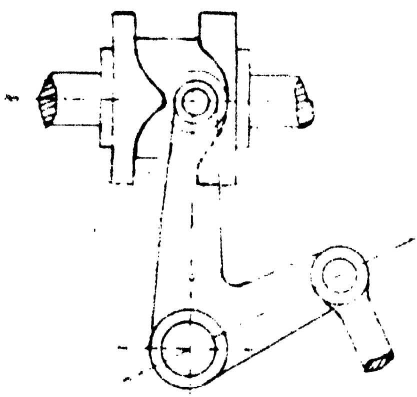


આકૃતિ ૧૧

આખા પરિધને પણ ૭ સરખા ભાગમાં વિભકત કરો. મધ્ય તરીકે Cને લઈ અને C૧ને ત્રિજ્યા તરીકે લઇ એક આકું ત્રિજ્યા C૧ને

મળે એમ દોરો. Cને મધ્ય તરીકે લઇ અને C૨ને ત્રિજ્યા તરીકે લઇ એક આર્ક ત્રિજ્યા C૨ને મળે એમ દોરો, અને એજ પ્રમાણે સઘળાં આર્ક ત્રિજ્યા C૩, C૪, C૫, અને C૬ને મળે એમ દોરો. જે બિંદુઓ આગળ આ આર્કસ ત્રિજ્યાઓને મળે છે તે બિંદુઓમાંથી એક વાંક દોરો, જે વાંક કેમના દરેક આંટા દરમ્યાન સળીયાને સમાન રીતે ઉપલી દિશાની ગતિ આપશે, અને દરેક આંટાને અંતે તે સળીયાને તાત્કાલિક નીચે પાડશે.

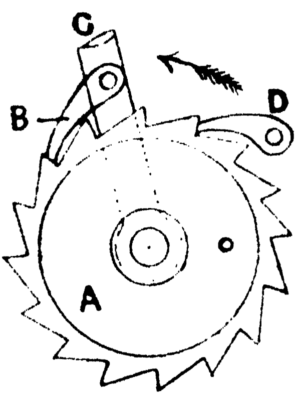
નળાકાર કેમ (Cylindrical Cam).—"એજ કેમ" અને "ફેસ કેમ"માં લીવર અથવા સળીયાને આપવામાં આવતી ગતિ કેમની શાફ્ટને કાટખૂણે આવેલાં ક્ષેત્રમાં હોય છે. જો લીવર અથવા સળીયાની ગતિ કેમ–શાફ્ટની ધરીને સમાંતર આવેલી દિશામાં જોઇતી હોય તો નળાકાર કેમ વાપરવામાં આવે છે. નળાકાર કેમની બહારની પરિધની સપાટી ઉપર એક ગાળો કાપવામાં આવે છે. જો આ ગાળો પરિધને ફરતે પસાર થતો માત્ર ગોળાકાર હશે, તો લીવરની આમ તેમની ગતિ મળશે નહી; પણ જો તે ગાળાને આકૃતિ ૧૨માં દેખાડ્યા પ્રમાણે ખાંચાવાળો બનાવવામાં આવે, તો લીવરને આમતેમની ગતિ મળશે.



આકૃતિ ૧૨.

રેચેટ વ્હીલ અને પોલ (Ratchet Wheel and Pawl).—દાંતાનાં ચક્કર જે આમતેમ ફરતા ટુકડા જેને "ક્લીક" (click) અથવા "પોલ" (pawl) કહેવામાં આવે છે તે વડે આંતરે આંતરેની ગોળાકાર ગતિ મેળવે છે તેને "રેચેટ વ્હીલ" કહેવામાં આવે છે. રેચટ વ્હીલ્સ જુદા જુદાં આકારના બનાવવામાં આવે છે

અને તેઓ જુદાં જુદાં કામ માટે વપરાય છે. દાખલા તરીકે, મોટાં અને નાનાં ઘડીઆળોમાં બીજાં સાંચાકામને અડચણ કર્યા વિના સ્પ્રીંગ અથવા વજનને લપેટી શકાય તે માટે ઘણું કરીને રેચેટ વ્હીલ વપરાય છે. વળી હાથ વડે વેહ પાડવા માટેનાં રેચેટ બ્રેસ (Ratchet Brace)માં રેચેટ વ્હીલનો ઉપયોગ થાય છે, અને ઘણાં યંત્રોમાં ફીડ (feed) આપવાની રચનાને ચલાવવા માટે રેચેટ વ્હીલ વપરાય છે. યંત્રોમાં જ્યાં ફીડ આપવાની રચનાને ચલાવવા માટે રેચેટ વ્હીલ અને પોલ વપરાય છે ત્યાં આમતેમ ફરતાં એક લીવર ઉપર બેસાડેલી પીન ઉપર આપેલા પોલ અથવા ક્લીક વડે રેચેટ વ્હીલને ચલાવવામાં આવે છે. જે લીવર ઉપર પોલને બેસાડેલો છે તેને જે શાફ્ટ ઉપર રેચેટ વ્હીલ ચાવીથી સજ્જડ કરેલું છે તે શાફ્ટ ઉપર આમતેમ ફરી શકે એમ ઢીલું બેસાડેલું છે. આકૃતિ ૧૩માં આ રચના બતાવી છે. એમાં A રેચેટ વ્હીલ છે અને B પોલ છે જેને લીવર C સાથે જોડેલી એક પીન ઉપર બેસાડેલો છે. લીવર Cને રેચેટ વ્હીલ Aની ધરીની આસપાસ આમતેમની ગતિ હોય છે. જ્યારે લીવર C તીરની દિશામાં ચાલે છે ત્યારે રેચેટ વ્હીલના દાંતા સાથે પોલ B ભેરવાય છે, અને લીવર અને રેચેટ વ્હીલ એક ટુકડે હોય એમ બન્ને સાથે ચાલે છે. જ્યારે લીવર C ઉલટી દિશામાં ચાલે છે ત્યારે પોલ B રેચેટ વ્હીલના દાંતાનાં મથાળાં ઉપર માત્ર સરે છે, અને ઘર્ષણના અવરોધને લીધે અથવા સ્થાઈ પીન ઉપર બેસાડેલા બીજા પોલ અથવા કેચ (catch) અથવા ડીટેન્ટ (detent) Dનાં કાર્યને લીધે રેચેટ વ્હીલ ઉલટી દિશામાં ફરતું અટકે છે અને ઉભું રહે છે. આ વેળાએ પોલ B પાસેના બીજા દાંતામાં પડે છે



આકૃતિ ૧૩.

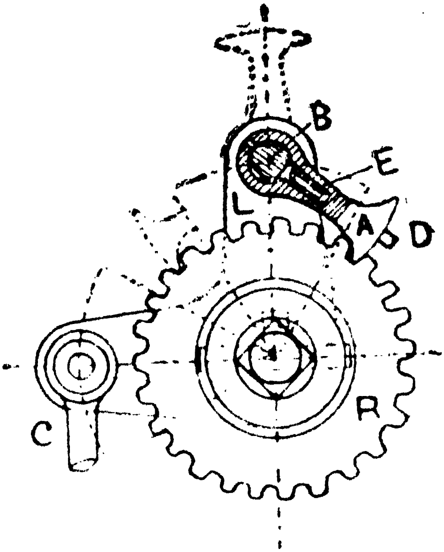
અને જ્યારે લીવર C ફરીને તીરની દિશામાં આગળ ચાલે ત્યારે પોલ B રેચેટ વ્હીલને બીજા દાંતા જેટલાં અંતરે ફેરવવા માટે તૈયાર હોય છે. પોલને સંજોગ પ્રમાણે તેનાં પોતાનાં વજન વડે અથવા સ્પ્રીંગ વડે રેચેટ વ્હીલના દાંતા સામે દબાવી રાખવામાં આવે છે.

જો ઘર્ષણ ધ્યાનમાં ન લેવામાં આવે તો રેચેટ વ્હીલના દાંતા ઉપર કાર્ય કરતા પોલ ઉપર દાંતાનું પ્રતિકાર્ય દાંતાની ફેસ (દાંતાની જે બાજુ સાથે પોલના છેડાની બાજુ સંબંધમાં હોય છે તે બાજુ)ને લંબ હશે, અને પોલ તેની ઉપરનાં દબાણને લીધે દાંતાની બહાર ઉંચકાઈ ન જાય તે માટે પ્રતિકાર્યનાં કાર્યની રેખા એટલે દાંતાની ફેસને લંબ એટલે કાટખૂણે આવેલી રેખા રેચેટ વ્હીલની ધરીનાં મધ્યબિંદુ અને જે પીન ઉપર પોલ બેસાડેલો છે તે પીનનાં મધ્યબિંદુ વચ્ચેથી પસાર થવી જોઈએ, એટલે બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો દાંતાની ફેસને કાટખૂણે આવેલી રેખા જે પીન ઉપર પોલ બેસાડેલો છે તે પીનનાં મધ્યની નીચેથી પસાર થવી જોઈએ.

જ્યારે રેચેટ વ્હીલનો ઉપયોગ જે ધરી ઉપર તેને બેસાડેલું છે તેને પાછી ઉલટી દિશામાં ફરી જતી અટકાવવા માટે કરવામાં આવે છે કે જેમ ક્રેબમાં ડ્રમ ઉપરથી લટકતાં વજનના ભારને લીધે હાથા ઉલટા ફરી જતા અટકાવવા માટે વપરાય છે, ત્યારે આમતેમ ચાલતાં લીવરની જરૂર પડતી નથી અને માત્ર ડીટેન્ટ (detent) વપરાય છે.

ઉલટાવી શકાય એવા રેચેટ (Reversible Ratchet).— જ્યારે રેચેટ વ્હીલને કોઇ પણ દિશામાં ચલાવવાની જરૂર હોય છે ત્યારે ઉલટાવી શકાય એવા રેચેટનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. મશીન ટુલ્સ, જેવાં કે પ્લેનર, શેપર, વિગેરેમાં જે સ્લાઇડ ઉપર ઓજાર અથવા દાગીનો જોડેલો હોય છે તેને આમતેમની બન્ને દિશામાંની કોઇ પણ એક દિશામાં ફીડ (feed) આપવા માટે "રીવર્સીબ્લ રેચેટ" વપરાય છે. ઉલટાવી શકાય એવા એટલે રીવર્સીબ્લ રેચેટનો

ઉપયોગ સ્ક્રુ-જેક ઉપર પણ માલમ પડે છે. આ રચનામાં રેચેટ વ્હીલના દાંતાના આકાર સાધારણ સ્પર વ્હીલ (દાંતાનાં ચક્કર)ના દાંતાના જેવા બનાવવામાં આવે છે. આકૃતિ ૧૪માં પ્લેનર અથવા શેપરમાં વપરાતાં ઉલટાવી શકાય એવા રેચેટની રચના બતાવી છે. એમાં રેચેટ વ્હીલ Rને જે સ્લાઇડ ઉપર ઓજાર અથવા દાગીનો મુકવાની ટેબલ જોડેલી હોય છે તે સ્લાઇડને ચલાવનારા સ્ક્રુ ઉપર બેસાડવામાં આવે છે. પોલ અથવા કલીક Aને બેલ ક્રેંક લીવર (bell-crank lever) Lના એક આર્મને છેડે સજ્જડ કરેલી પીન B ઉપર બેસાડેલો છે, અને લીવરના બીજા આર્મ સાથે જોડેલા



આકૃતિ ૧૪

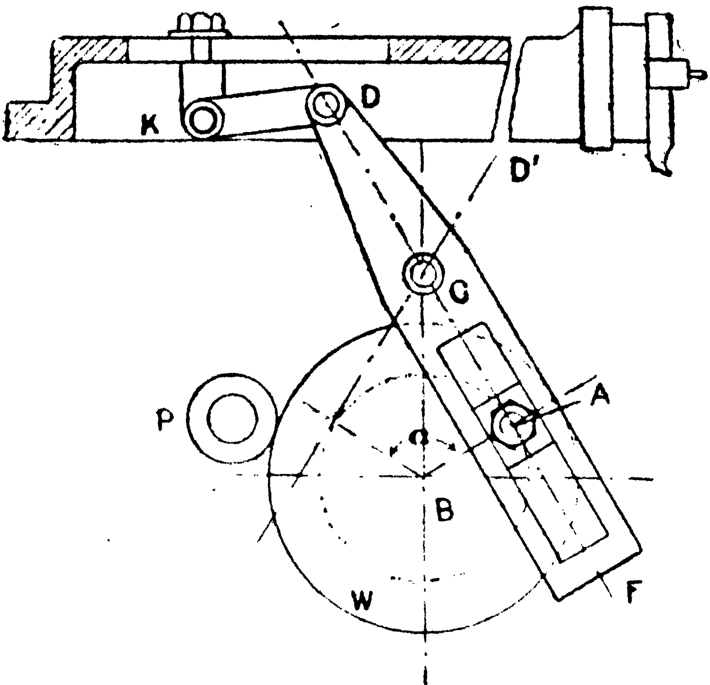
કનેટીંગ રોડ (connecting rod) C વડે લીવર Lને રેચેટ વ્હીલ Rની ધરીનીઆસપાસ આમતેમ ફેરવવામાં આવે છે. જ્યારે કલીક અથવા પોલ A આકૃતિમાં બતાવેલાં સ્થાને હોય છે ત્યારે તે રેચેટ વ્હીલ Rને ઘડીઆળના કાંટાની દિશામાં ચલાવે છે. જ્યારે બીજી દિશામાં ફીડ (feed) આપવા માટે રેચેટ વ્હીલ Rને ઉલટી દિશામાં ચલાવવાની જરૂર હોય છે ત્યારે કલીક અથવા પોલને નાની પીન Dની મદદ વડે ઉપાડી લીવરની બીજી બાજુ ઉપર અંકિત લીટી વડે દેખાડયા પ્રમાણે લાવવામાં આવે છે. જો મશીનને બંધ કર્યા વિના ફીડની ગતિ બંધ કરવી હોય તો કલીક અથવા પોલને અંકિત લીટી વડે દેખાડયા પ્રમાણે ઉભી દિશામાં મુકવામાં આવે છે. પોલ અથવા કલીકને આ પ્રમાણે ત્રણ સ્થાનોએ મુકી શકાય તે માટે જે પીન ઉપર પોલને બેસાડેલો

છે તે પીન B ઉપર ત્રણ પેલ્સ એટલે ફ્લેટસ (flats) બનાવેલા હોય છે એટલે તે પીનનું છેદચિત્ર (cross section) ત્રિકોણાકાર બનાવેલું હોય છે. એક સર્પાકાર (spiral) સ્પ્રીંગ પોલમાં આપેલા એક ટુકડા Eની સામે કાર્ય કરે છે, અને આ પ્રમાણે તે ટુકડો પીન B ઉપરના પેલ (ફ્લેટ) સામે દબાય છે જેથી દરેક સ્થાને પોલ રહી શકે છે. આ જાતનાં રેચેટની રચનામાં રેચેટ વ્હીલને ઉલટું ફરી જતું અટકાવવા માટે સ્લાઇડને ચલાવનારા સ્ક્રુ અને તેની નટ વચ્ચેનું ઘર્ષણ પુરતું હોય છે, તેથી એમાં ડીટેન્ટ (detent)ની જરૂર પડતી નથી. બીજાં લીવર જે ઉપરથી કનેકટીંગ રોડ Cને આમતેમની ગતિ મળે છે તેના જે આર્મ સાથે કનેકટીંગ રોડનો બીજો છેડો જોડવામાં આવે છે તે આર્મમાં એક ગાળો બનાવેલો હોય છે, જે ગાળામાં કનેકટીંગ રોડ Cના છેડાને જોડનારી પીનને સુગમ પડતાં સ્થાને ગોઠવવાથી પોલ વડે રેચેટ વ્હીલના એક કરતાં વધુ દાંતા એકી વેળાએ ચલાવી શકાય છે.

વળતી ઝડપી ચાલ અથવા ગતિ એટલે ક્વીક રીટર્ન મોશન (Quick Return Motion).—પ્લેનીંગ મશીનમાં સ્ક્રુ અને બેવલ વ્હીલ્સની રચના વડે તેની ટેબલના વળતા સ્ટ્રોકની ચાલ ફોરવર્ડ અથવા કટીંગ સ્ટ્રોક કરતાં ઝડપી મેળવવામાં આવે છે, જે રચના બીજા ભાગનાં પુસ્તકનાં પ્રકરણ ૮માં આપેલી આકૃતિ ૯૩માં સ્પષ્ટ દર્શાવી છે.

પ્લેનીંગ મશીનમાં ટેબલના વળતા સ્ટ્રોકની ચાલ ઝડપી મેળવવા માટેની બીજી રચના જે રેક અને દાંતાનાં ચક્રોની હારની બનેલી છે તે બીજા ભાગનાં પુસ્તકનાં પ્રકરણ ૮માં આપેલી આકૃતિ ૯૪માં સ્પષ્ટ દેખાડેલી છે.

શેપીંગ મશીન માટે વળતી ઝડપી ચાલ મેળવવા માટેની રચના જે ક્રેંક અને ગાળાવાળાં (સ્લોટેડ slotted) લીવરની બનેલી છે તે આકૃતિ ૧૫માં બતાવી છે. શેપીંગ મશીનમાં દાગીનો સ્થાઈ રહે છે,



આકૃતિ ૧૫.

અને ઓજાર આમતેમ ચાલી આગલા એટલે ફોર્વર્ડ સ્ટ્રોકે કાપ લે છે અને વળતા સ્ટ્રોકે ખાલી ચાલે છે. વખતનો બચાવ કરવા માટે આ વળતો સ્ટ્રોક કાપ લેતી વેળાના ફોર્વર્ડ સ્ટ્રોક કરતાં ઝડપી હોય છે. આમતેમ ચાલતા રેમ (ram) ઉપર આપેલાં ટુલ–હોલ્ડરમાં ઓજારને બાંધવામાં આવે છે. રેમની આમતેમની ચાલ વળતા ઝડપી સ્ટ્રોક સાથે "ક્રેંક અને ગાળાવાળાં લીવર અથવા લીંક (link)" વડે નીચે પ્રમાણે મેળવવામાં આવે છે:—

આકૃતિ ૧૫માં દેખાડ્યા પ્રમાણે એક ગાળાવાળું લીવર અથવા લીંક DF ધરી C ઉપર આમતેમ ફરે છે અને તેના એક છેડાને શેપીંગ મશીનના રેમ સાથે સળીયા (રોડ rod) DK વડે જોડેલો છે. દાંતાનાં વ્હીલ W ઉપર એક પીન A બેસાડી ક્રેંક AB મેળવવામાં આવે છે. આ દાંતાનાં વ્હીલ Wને એક સ્થાઈ ધરી B ઉપર છુટથી

એક પીનીઅન P વડે ફેરવવામાં આવે છે. જે શાફ્ટ ઉપર પીનીઅન P બેસાડેલું છે તે ઉપર સ્પીડ કોન સજ્જડ કરેલો હોય છે, અને તે સ્પીડ કોનને કાઉન્ટર શાફ્ટ ઉપરથી ગતિ મળે છે. ક્રેંક ABની મદદ વડે ગાળાવાળાં લીવર DFને ગતિ આપવામાં આવે છે, જે લીવર ધરી C આસપાસ આમતેમ ફરે છે. ક્રેંક પીન A ઉપર એક બ્લોક (block) ઢીલો બેસાડેલો છે, જે બ્લોક લીવર DFના ગાળામાં સરે છે. દાંતાનાં વ્હીલ Wનાં મધ્યબિંદુ B અને ક્રેંક પીન A વચ્ચેનાં અંતરમાં ફેરફાર કરવાથી રેમના સ્ટ્રોકની લંબાઇમાં ફેરફાર કરી શકાય છે. આકૃતિમાં રેમ તેના સ્ટ્રોકના ડાબી તરફને છેક છેડેનાં સ્થાને બતાવ્યો છે. આ છેક છેડેનાં સ્થાને ગાળાવાળાં લીવરની મધ્યરેખા ક્રેંક પીનના વર્તુલ માર્ગને સ્પર્શરેખારૂપ હોય છે. તેજ પ્રમાણે જ્યારે લીવર DF અંકિત લીટી વડે દેખાડેલાં D'C સ્થાને હશે ત્યારે રેમ તેના સ્ટ્રોકના જમણી તરફને છેક છેડે હશે. ધારો કે દાંતાવાળાં ચક્કર W એટલે ક્રેંક ABને સમાન કોણિય વેગ (ઍંગ્યુલર વેલોસીટી) છે, ત્યારે ડાબી તરફથી જમણી તરફના સ્ટ્રોક વડે લેવામાં આવતો વખત જમણી તરફથી ડાબી તરફના સ્ટ્રોક માટે લેવામાં આવતા વખત કરતાં વધારે છે. આ વખતો ખૂણાઓ (૩૬૦ − a) : aનાં પ્રમાણમાં છે, તેથી ડાબી તરફથી જમણી તરફ સુધીનો સ્ટ્રોક કાપ લેતી વેળાનો એટલે કટીંગ સ્ટ્રોક છે, અને

$$\frac{\text{કાપ લેતી વેળાના (કટીંગ) સ્ટ્રોકની સરેરાશ ઝડપ}}{\text{વળતા સ્ટ્રોકની સરેરાશ ઝડપ}} = \frac{a}{૩૬૦ - a}$$

અથવા,

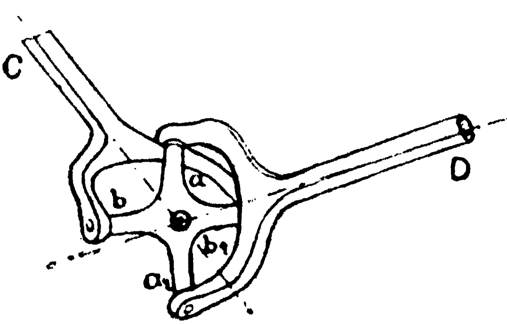
$$\frac{\text{કાપ લેતી વેળાના (કટીંગ) સ્ટ્રોક વડે લેવામાં આવતો વખત}}{\text{વળતા સ્ટ્રોક વડે લેવામાં આવતો વખત}} = \frac{૩૬૦ - a}{a}$$

જો આકૃતિમાં આપેલો ખૂણો a = ૧૨૦° હોય, ત્યારે

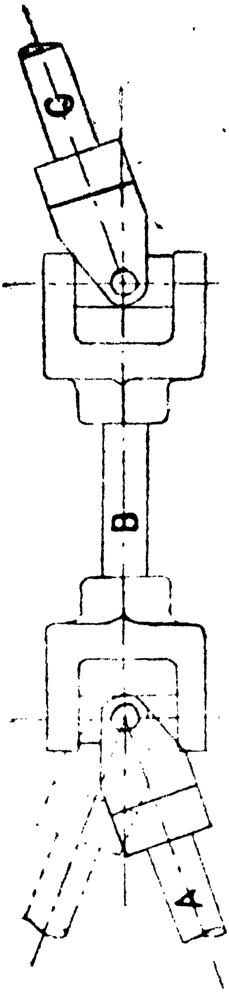
$$\frac{\text{કટીંગ સ્ટ્રોક વડે લેવામાં આવતો વખત}}{\text{વળતા સ્ટ્રોક વડે લેવામાં આવતો વખત}} = \frac{૩૬૦ - ૧૨૦}{૧૨૦} = \frac{૨}{૧}$$

—

હુકસ જોઇન્ટ અથવા યુનીવર્સલ કપ્લીંગ (Hooke's Joint or Universal Coupling).—જ્યારે બે શાફ્ટની ધરીઓ એક બીજાને છેદે, પણ તેઓ એક સીધી લીટીમાં ન હોય ત્યારે હુકસ જોઈન્ટની મદદ વડે ચાલુ ગોળ ફરવાની ગતિને એક શાફ્ટ ઉપરથી બીજી શાફ્ટ ઉપર મોકલી શકાય છે. જ્યારે બે શાફ્ટની ધરીઓ માત્ર નામનીજ સીધી લીટીમાં હોય, પણ જે ફ્રેમ (frame) ઉપર શાફ્ટની બેરીંગો બેસાડેલી હોય છે તે ફ્રેમમાં સજ્જડપણાની કોતાઈને લીધે તે શાફ્ટની ધરીઓ દરેક આંટા દરમ્યાન કેટલીક વાર સીધી લીટીની સહેજ બહાર જાય છે, ત્યારે તે બે શાફ્ટને જોડવા માટે હુકસ જોઈન્ટ અથવા યુનીવર્સલ કપ્લીંગનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. હુકસ જોઈન્ટ આવી રીતે ગોઠવાયલી શાફ્ટો માટે નમનશીલ (ફ્લેકસીબ્લ flexible) પણ અસરકારક કપ્લીંગ (coupling) બને છે. આકૃતિ ૧૯માં હુકસ જોઈન્ટ અથવા યુનીવર્સલ કપ્લીંગ બતાવી છે. એમાં બે શાફ્ટ C અને D છે, જેમની મધ્ય રેખા આડી દિશામાં છે અને O આગળ એક બીજાને છેદે છે. શાફ્ટોના છેડાઓને ચીપીઆના આકારના બનાવેલા છે, અને આ ચીપીઆઓ (ફોર્કસ forks)ની વચ્ચે ક્રોસ (cross ચોકડીના આકારનો ટુકડો) aa_1 અને bb_1 બેસાડેલો છે. ક્રોસના આર્મ એટલે હાથાઓ એક બીજાને કાટખૂણે છે, અને તેમની ધરીઓ શાફ્ટની ધરીઓનાં છેદન બિંદુ O આગળ છેદાય છે. આ ક્રોસના ચારે આર્મ એટલે હાથાઓ એક સરખી લંબાઈના છે અને તેમને ચીપીઆ (forks)



આકૃતિ ૧૯.



આકૃતિ ૧૭

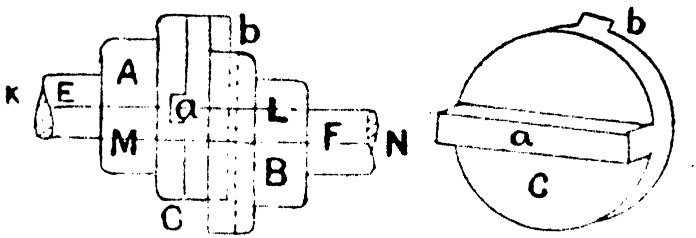
સાથે એવી રીતે જોડેલા છે કે જેથી તેઓ તેમની ધરીની આસપાસ છુટથી ફરી શકે. જ્યારે બન્ને શાફ્ટ ફરે છે ત્યારે aa_1ની મધ્ય રેખા એક વર્તુલ દોરે છે જે વર્તુલનું ક્ષેત્ર શાફ્ટ Cની મધ્ય રેખાને લંબ (perpendicular) છે, અને bb_1ની મધ્ય રેખા એક વર્તુલ દોરે છે જે વર્તુલનું ક્ષેત્ર શાફ્ટ Dની મધ્ય રેખાને લંબ છે. જ્યારે આ ક્ષેત્રો એક બીજાને ઢળતાં છે, ત્યારે કોઈ પણ પળે Dનો કોણિયવેગ (એંગ્યુલર વેલોસીટી) Cના કોણિય વેગથી જુદો છે, પણ સરેરાશ કોણિયવેગો એક બીજાને સરખા છે, કારણ કે એક વેળા શાફ્ટ D શાફ્ટ C કરતાં ઝડપથી ચાલે છે, અને બીજી વેળા ધીમેથી ચાલે છે. જ્યારે બે શાફ્ટ એક બીજીને ૯૦° અથવા તેથી ઓછા ખૂણાએ ઢળતી હોય ત્યારે હુક્સ જોઇન્ટ કામ કરશે નહિ.

ડબલ હુક્સ જોઈન્ટ.—હુક્સ જોઇન્ટ વડે જોડેલી બે શાફ્ટોની ગતિ કોઈ પણ પળે એક સરખી હોતી નથી. આ મુશ્કેલી ટાળવા માટે એકને બદલે બે હુક્સ જોઇન્ટ એટલે બેવડો (ડબલ) હુક્સ જોઈન્ટ વપરાય છે. બે શાફ્ટને આ ડબલ હુક્સ જોઇન્ટ વડે જોડવાથી કોઈ પણ પળે તેમની ગતિ એક સરખી રહે છે. આકૃતિ ૧૭માં ડબલ હુક્સ જોઇન્ટ બતાવ્યો છે. શાફ્ટને છેડે બનાવેલા ચીપીઆઓ (forks)ને વચગાળે આપેલી એક લીંક અથવા શાફ્ટ B સાથે બે ક્રેસના આર્મ (હાથાઓ) વડે જોડેલા છે જો વચગાળેની શાફ્ટ B બીજી બે શાફ્ટ A અને Cને એકસરખી રીતે ઢળતી હોય, તો પહેલા જોઇન્ટમાંથી થતાં ગતિનાં સંચારણ વડે ગતિમાં ઉત્પન્ન થતી અસમતા બીજા જોઇન્ટ વડે ઉત્પન્ન થતી સરખી અને ઉલટી

અસમતા વડે બરાબર નષ્ટ થાય છે તેટલા માટે શાફ્ટ A અને C દરેક પળે એકજ સરખી ઝડપે ફરે છે બેવડો એટલે દબલ હુકસ જોઈન્ટ ગમે તો બે છેડેની ધરીઓ એકબીજીને ઢળતી હોય અથવા સમાંતર હોય પણ એક સીધી લીટીમાં ન હોય તોપણ એકસરખી સારી રીતે કામ કરે છે.

એકવડો (સીંગલ) અને બેવડો (દબલ) હુકસ જોઇન્ટ નિયમ તરીકે માત્ર હલકાં કામો માટે વપરાય છે.

ઓલ્ડહેમ્સ કપ્લીંગ (Oldham's Coupling).—જ્યારે બે શાફ્ટની ધરીઓ એકજ લીટીમાં ન હોય પણ એક બીજીને સમાંતર હોય અને તેમનાં વચ્ચેનું અંતર નાનું અને ફેરફાર થતું હોય ત્યારે તે શાફ્ટોને "ઓલ્ડહેમ્સ કપ્લીંગ" વડે જોડવામાં આવે છે, જેથી એક શાફ્ટ બીજી શાફ્ટને ચલાવશે. આકૃતિ ૧૮માં ઓલ્ડ-હેમ્સ કપ્લીંગ બતાવી છે. એમાં KL અને MN બે શાફ્ટની મધ્ય રેખાઓ છે. A અને B ફ્લેંજ (flanges) છે. ફ્લેંજ Aને શાફ્ટ E સાથે અને ફ્લેંજ Bને શાફ્ટ F સાથે સજ્જડ કરેલી છે અથવા



આકૃતિ ૧૮.

ઘડીને શાફ્ટ સાથે એકજ ટુકડે બનાવેલી છે આ બે ફ્લેંજની વચ્ચે એક ટુકડો C હોય છે Cની બન્ને બાજુ ઉપર ઉપસેલા પાસાદાર ભાગો અથવા ટુકડાઓ *a* અને *b* એક બીજાને કાટખૂણે આવે એમ બનાવેલા છે, અને આ ટુકડાઓ આકૃતિમાં દેખાડ્યા પ્રમાણે ફ્લેંજ A અને Bમાં બનાવેલા તેનેજ મળતા ગાળામાં બેસે છે. એ તો દેખીતું છે કે ફ્લેંજ A જેટલો ખૂણો ફરે છે તેટલોજ ખૂણો C ફરે છે, અને જેટલો ખૂણો C ફરે છે તેટલોજ ખૂણો ફ્લેંજ B ફરે છે; ત્યારે, દરેક પળે A, C, અને B એકજ સરખી ઝડપે ફરશે.

એકસરસાઇઝ ૪થી.

૧. એક એજ કેમ (edge cam)ની રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) દોરો કે જે વડે એક સળીયાને ઉભી દિશામાં આમતેમની સમાન ગતિ આપવાની છે. સળીયો જેટલી ઝડપે ઉપર ઉંચકાય છે તેટલીજ ઝડપે નીચે પડે છે. સળીયાને છેડે જોડેલા રોલરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે. કેમની ફરવાની ગતિનાં મધ્યબિંદુથી વધુમાં વધુ અંતર ૬ ઇંચ અને ઓછામાં ઓછું અંતર ૪ ઇંચ છે અને આમતેમ ચાલતા સળીયાની ચાલની રેખા કેમ–શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુમાંથી પસાર થાય છે.

૨. પહેલા દાખલામાં આપેલાં અંતરો અને માપો લઈ એક ફેસ કેમ (face cam) માટેનો ગાળો દોરો.

૩. નીચે પ્રમાણેનું કામ કરવા માટેના કેમની રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ) દોરો:–સળીયાને સમાન ગતિએ ઉભી દિશામાં ૬ ઇંચની ઉંચાઈએ ઉપાડવાનો છે; ત્યારબાદ તેને સમાન ગતિએ ઉપલી દિશાની ચાલની ઝડપથી અર્ધી ઝડપે નીચે ઉતારવાનો છે; આ ઉપલી અને નીચલી દિશાની બન્ને ચાલો સમાન ઝડપે ફરતા કેમના એક આંટામાં મેળવવાની છે. કેમ ઉપર કાર્ય કરતાં રોલરનો વ્યાસ $\frac{3}{4}$ ઇંચ છે, અને કેમનાં મધ્યની ફરતે ધાતુની ઓછામાં ઓછી જાડાઈ ૨ ઇંચ રાખવાની છે. ચાલતા સળીયાના સ્ટ્રોકની રેખા કેમનાં મધ્યમાંથી પસાર થાય છે. આકૃતિ ઉપર કેમનાં ફરવાની દિશા દર્શાવો.

૪. એક સળીયાને ઉભી દિશાની આમતેમની સમાન ગતિ આપવા માટેના એજ કેમની રૂપરેખા (પ્રોફાઇલ profile) દોરો કે જે વડે સળીયાને ઉપર ચઢતાં જેટલો વખત લાગે તેના $\frac{3}{4}$ જેટલો વખત નીચે ઉતરતાં લાગે. કેમની ફરવાની ગતિનાં મધ્યબિંદુથી વધુમાં વધુ અંતર ૪ ઇંચ અને ઓછામાં ઓછું અંતર ૩ ઇંચ છે. સળીયાની ચાલની રેખા કેમ શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુમાંથી પસાર થાય છે. કેમની ફરવાની દિશા આકૃતિ ઉપર દર્શાવો.

૫. કાચી ધાતુને કચડી ભુકો કરવા માટેની ક્રશીંગ મીલ (crushing mill)નાં માથાંને કેમના એક આંટા દરમ્યાન સમાન રીતે ઉંચે ઉપાડી તેજ આંટાને અંતે તેને તાત્કાલીક નીચે પાડવા માટેના એજ કેમની રૂપરેખાની આકૃતિ દોરો. કેમની ફરવાની ગતિનાં મધ્ય-બિંદુથી વધુમાં વધુ અંતર ૧૨ ઇંચ છે, માથું ૫ ઇંચની ઉંચાઈએથી નીચે પડે છે, અને રોલરનો વ્યાસ ૧ ૧/૨ ઇંચ છે.

૬. નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણેની આમતેમની ગતિ સળીયાને આપવા માટેના સમાન ગતિએ ફરતા એક કેમનો આકાર દોરો. દરેક સ્ટ્રોક દરમ્યાન સળીયાને સાદી હરાત્મક ગતિ (harmonic motion) આપવાની છે. કેમના અર્ધા આંટા દરમ્યાન સળીયો ઉપર ઉંચકાય છે અને ૧/૩ આંટા દરમ્યાન તે નીચે ઉતરે છે. સ્ટ્રોકના દરેક છેડે વખતના સરખા ગાળા દરમ્યાન તે સળીયો ઉભો રહે છે. સળીયાનો સ્ટ્રોક ૩ ઇંચનો છે. સ્ટ્રોકની રેખા કેમ–શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુમાંથી પસાર થાય છે. કેમ ઉપર કાર્ય કરતાં રોલરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે. કેમનાં ધરીનાં મધ્યબિંદુથી રોલરની ધરીનાં મધ્યબિંદુ સુધીનું ઓછામાં ઓછું અંતર ૨ ઇંચ છે. કેમનાં ફરવાની દિશા આકૃતિ ઉપર દર્શાવો.

૭. એક સળીયાને ઉભી દિશાની આમતેમનાં સમાન ગતિ આપવા માટેના કેમની રૂપરેખા દોરો. આ કેમના અર્ધા આંટા દરમ્યાન સળીયો ઉપર ઉંચકાય છે, ત્યાર પછી ૧/૧૨ આંટા દરમ્યાન તે ઉભો રહે છે અને આંટાના બાકીના ભાગ દરમ્યાન તે એક સરખી રીતે નીચે ઉતરે છે. કેમની ફરવાનાં ગતિનાં મધ્યબિંદુથી વધુમાં વધુ અંતર ૬ ઇંચ અને ઓછામાં ઓછું અંતર ૩ ઇંચ છે. સળીયાનાં ચાલનાં રેખા કેમ–શાફ્ટનાં મધ્યબિંદુની એક બાજુએ ૧/૨ ઇંચ દુર આવેલાં બિંદુમાંથી પસાર થાય છે. કેમ ઉપર કાર્ય કરતાં રોલરનો વ્યાસ ૩/૪ ઇંચ છે.

૮. ગીઅર પાછું ફરી જતું અટકાવવાને માટે વપરાતાં રેચેટ વ્હીલ અને ડીટેન્ટની આકૃતિ દોરો.

૯. રેચેટ બ્રેસની આકૃતિ દોરી તેમાં રેચેટ વ્હીલ અને પોલનો કેવી રીતે ઉપયોગ થાય છે તે સ્પષ્ટ દર્શાવો.

૧૦. પ્લેનીંગ મશીનમાં ઓજારને પોતાની મેળે ફીડ આપવા માટે વપરાતાં રેચેટ ફીડ મોશનની આકૃતિ દોરો.

૧૧. શેપીંગ મશીનમાં ઝડપી વળતો સ્ટ્રોક અથવા ચાલ (ક્વીક રીટર્ન મોશન) મેળવવા માટેની યાંત્રિક રચનાનું આકૃતિ સાથે વર્ણન કરો.

૧૨. બે શાફ્ટની ધરીઓ જેમની દિશાઓ એક બિંદુમાં મળતી હોય તેને જોડવા માટેના હુકસ જોઈન્ટનું આકૃતિ સાથે વર્ણન કરો.

૧૩. ડબલ હુકસ જોઇન્ટની આકૃતિ દોરી તેનું વર્ણન કરો, અને સીંગલ જોઇન્ટને બદલે ચોક્કસ દાખલામાં તેને શા માટે વાપરવામાં આવે છે તે સમજાવો.

૧૪. ૨૦ દાંતાવાળું એક પીનીઅન એક સીધા રેકમાં કાર્ય કરે છે. પીનીઅનના દાંતાનો પીચ $\frac{1}{2}$ ઈંચ છે. પીનીઅન–શાફ્ટ ઉપર સજ્જડ કરેલાં ૪૦ દાંતાવાળાં એક રેચેટ વ્હીલ વડે પીનીઅનને ચલાવવામાં આવે છે, તો રેચેટ વ્હીલનો દરેક દાંતો ચાલતાં રેક કેટલા ઇંચ આગળ ચાલશે ?

૧૫. ઓલ્ડહેમ્સ કપ્લીંગની આકૃતિ દોરી તેનું વર્ણન કરો અને આ જાતની કપ્લીંગ કયાં વપરાય છે તે સમજાવો.

પ્રકરણ ૫મું.

પદાર્થોના બળ (Strength of Materials). સ્ટ્રેસ (વૈકારિક બોજ). સ્ટ્રેન (વિકાર). ઈલેસ્ટીક લિમિટ (સ્વાગ્રહ સીમા). મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી (સ્થાપક પ્રમાણ). રીસીલીએન્સ.

યંત્ર કામમાં વપરાતા પદાર્થોના કેટલાક ગુણો.—વસ્તુ (મેટર matter)ના ગુણો અગણિત છે, પણ તેમને બે વર્ગમાં વહેંચી શકાય: (૧) વાસ્તવિક (essential) ગુણો, અને (૨) અનિશ્ચિત (contingent) ગુણો. જે ગુણો વિના પ્રકૃતિ કદાચિત નભી શકે તે વાસ્તવિક ગુણો છે. અનિશ્ચિત ગુણો એવા છે કે જે પ્રકૃતિમાં માલમ પડે છે, પણ જે વિના તે નભી શકે એમ આપણે કલ્પના કરી શકીએ.

વાસ્તવિક ગુણોઃ—

૧. પ્રસાર (Extension).—એ એવો ગુણ છે જે વડે દરેક પદાર્થે ચોકસ વિસ્તાર અથવા કદ રોકવું જોઈએ. જ્યારે આપણે કહીએ છીએ કે એક પદાર્થને બીજા પદાર્થ જેટલુંજ કદ છે ત્યારે આપણે એવું સુચવતા નથી કે તે પદાર્થમાં બીજા પદાર્થ જેટલોજ પ્રકૃતિનો જથ્થો છે, પણ માત્ર એટલુંજ સુચવીએ છીએ કે તે એક પદાર્થ જેટલી જગ્યા રોકે છે તેટલીજ જગ્યા બીજો પદાર્થ રોકે છે.

૨. અભેદ્યતા (Impenetrability).—એ પ્રકૃતિનો એવો ગુણ છે કે જે વડે દરેક પદાર્થ તે જે જગ્યા રોકે છે તેમાંથી બીજા સઘળા પદાર્થોને દુર કરે છે, અથવા બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો બે પદાર્થો એકી વેળાએ એકજ જગ્યામાં સમાઈ શકશે નહી.

અનિશ્ચિત ગુણો:—

૧. ભાજ્યતા એટલે વહેંચાઈ જવાનો ગુણ (Divisibility).—એનો અર્થ એ થાય છે કે પ્રકૃતિને ભાગોની મોટી સંખ્યામાં વિભક્ત કરી શકાય, પણ બેહદ ભાગોમાં વિભક્ત કરી શકાય નહી. પ્રકૃતિનાં છેવટનાં સૌથી નાનાં એટલે અતિસૂક્ષ્મ રજકણને "પરમાણુ" એટલે "એટમ" (atom) કહે છે, જેનો અર્થ "વિભાગ ન થઇ શકે" એવો થાય છે.

૨. સછિદ્રતા (porosity).—એનો અર્થ એ થાય છે કે દરેક પદાર્થમાં પોતાના જથ્થાના દરેક ભાગમાં થોડે યા ઘણે અંશે બારિક જગ્યાઓ અથવા છિદ્રો હોય છે. દરેક જાણીતા પદાર્થમાં આ પ્રમાણે હોય છે એમ સાબિત થયું છે. આ જગ્યાઓ અતિશય સ્થિતિસ્થાપક સૂક્ષ્મવાયુ જેને "ઇથર" (ether) કહે છે તેનાથી ભરેલી હોય એમ ધારવામાં આવે છે. દાખલા તરીકે, જ્યારે હાઇડ્રોલીક પ્રેસનાં પોલાદ અથવા બીડનાં સીલીન્ડરની અંદર અતિશય દબાણ લગાડવામાં આવે છે, ત્યારે પાણી અંદરના ભાગમાંથી બહારની બાજુએ ધાતુમાંથી થઈને ધીમે ધીમે ઝરે છે.

૩. ગુરૂત્વ (Density).—આ ગુણથી એક પદાર્થ તેમાં પ્રકૃતિનો જે જથ્થો સમાયલો હોય છે તેનાં સંબંધમાં બીજા પદાર્થથી જુદો પડે છે.

૪. સંગઠ્ઠન એટલે વળગી રહેવાનો ગુણ (cohesion).—આ ગુણથી પ્રકૃતિનાં પરમાણુઓ અદૃષ્ય અથવા અતિશય નાનાં અંતરોએ એક બીજાને પરસ્પર ખેંચે છે, તેટલા માટે તે ગુરૂત્વાકર્ષણથી જુદો છે, કારણ કે ગુરૂત્વાકર્ષણ સઘળાં અંતરોએ કાર્ય કરે છે. એતો સ્પષ્ટ છે કે આ ગુણો વિના આપણને નક્કર પદાર્થ મળી શકતે નહી, કારણ કે જો નક્કર પદાર્થને તેનો એક ભાગ પકડીને ઉપાડવામાં આવે, તો બાકીનો ભાગ તે ભાગ સાથે વળગી રહે છે, અને આખો પદાર્થ વળગણને લીધે સાથે રહે છે.

૫. સંકોચ્યતા એટલે સંકોચાય એવો ગુણ (compressibility) અને પ્રસરી શકે એવો ગુણ (dilatability).—

આ ગુણો સઘળા પદાર્થોમાં સામાન્ય હોય છે, જેના વડે તેઓ ઘણે યા થોડે અંશે વાદળી (sponge)ની માફક દબાઈ શકે છે, અથવા રબરના ટુકડાની માફક ખેંચાઈ શકે છે.

૬. કડકાઈ (**Rigidity**).—એનો અર્થ એ થાય છે કે જ્યારે પદાર્થ ઉપર બહારનાં જોર લાગુ પાડવામાં આવે ત્યારે તેના આકારમાં ફેરફારની સામે થતી કઠણાશ. નહીં વળી શકે એવા પદાર્થો જેમાં આ ગુણ ઘણે અંશે હોય છે તેને "કઠણ" પદાર્થો કહેવામાં આવે છે, અને જે પદાર્થો તૂટી ગયા શિવાય સહેલાઈથી દબાણને આધીન થાય છે તેને "નરમ" પદાર્થો કહેવામાં આવે છે. જે પદાર્થો તૂટી ગયા શિવાય આકારના ફેરફારની સામે થઇ શકતા નથી તેને "બરડ" (brittle) પદાર્થ કહેવામાં આવે છે, અને જે પદાર્થો આકારના ફેરફારની સામે થાય છે પણ તેજ વેળાએ તેઓ પોતાનો આકાર ફેરવે છે તેને "ચિવટ" (tough) પદાર્થ કહેવામાં આવે છે.

૭. ચિકટાઈ એટલે ચિવટપણું (**Tenacity**).—જ્યારે એક પદાર્થ ઉપર છુટા પાડવાનું ખેંચાણ કરવામાં આવે છે ત્યારે તે પદાર્થ તે ખેંચાણની સામે વળગણ (cohesion)ને લીધે જે અવરોધ કરે છે તે ચિવટપણું (tenacity) છે, અને તેને તે પદાર્થનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ખેંચાણનાં જોર (tensile strength) વડે પૌંડમાં માપવામાં આવે છે. જ્યારે આપણે સ્ત્રેસ અને સ્ત્રેનની બાબત ઉપર આવીશું ત્યારે ધાતુઓ વિગેરેની, બાબતમાં આ ગુણ ઉપર વિચાર કરીશું.

૮. ટીપી શકાય એવો ગુણ (**Malleability**)—આ એવો ગુણ છે કે જેનાંથી ચોક્સ નક્કર પદાર્થોને તૂટી ગયા શિવાય એક આકાર ઉપરથી બીજા આકારમાં દબાવી શકાય છે, અથવા રોલીંગ મશીનમાં રોલર વડે અથવા હથોડા વડે ફેલાવી અથવા લંબાવી શકાય છે. તેટલા માટે આ ગુણ પદાર્થનાં નરમાશ (softness), ચિવટપણા (tenacity), અને વળવાથી તૂટી જવાની સામે થતા ગુણ (toughness) ઉપર આધાર રાખે છે. કોઈ પણ બીજી ધાતુ કરતાં સોનું આ ગુણ ઘણે મોટે

અંશે ધરાવે છે, અને તેથી સોનાનાં પત્રાં એક ઇંચના હજારમાં ભાગ કરતાં પણ ઓછી જાડાઈનાં મળે છે. ત્રાંબુ ટીપી શકાય એવી ઉપયોગી ધાતુઓમાંની એક ધાતુ છે, અને તેને નક્કર પાટ (ingot)માંથી ઘણાં ગુંચવણ ભરેલા આકારોમાં ટીપીને બનાવી શકાય છે. સ્વીડન દેશમાંથી આવતું લોઢું જે સ્વેડીશ આયરન (Swedish Iron)ને નામે ઓળખાય છે અને જેમાંથી ઘોડાની નાળના ખીલા, વિગેરે બનાવવામાં આવે છે તે પણ ઘણું ટીપી શકાય એવું છે, અને તેટલા માટે લુહારો આ જાતનાં લોઢાંને ઘણું પસંદ કરે છે.

૯. કર્ષણીયતા એટલે તાર ખેંચાય એવો ગુણ (Ductility).—એ ગુણથી કેટલીક ધાતુઓને ડાઈ પ્લેટમાંથી ખેંચી તાર અથવા નળીઓ બનાવી શકાય છે. આ ગુણ મુખ્યત્વે કરીને ચિવટપણા (tenacity) ઉપર અને વાળવાથી તૂટી જવાની સામે થતા ગુણ (toughness) ઉપર આધાર રાખે છે.

૧૦. સ્થાપકતા અથવા સ્વાગ્રહ (elasticity).—આ ગુણ કેટલાક નક્કર પદાર્થોમાં ઘણે યા થોડે અંશે હોય છે. આ ગુણથી જે જોર વડે તે નક્કર પદાર્થોના આકાર બદલાયા હોય તે જોર ઉપાડી લીધા પછી તે પદાર્થો પોતાના અસલ આકાર અને કદ પાછાં મેળવે છે. આપણે હવે પછી જોઈશું કે સ્થિતિસ્થાપકતાની હદ હોય છે, જે હદ ઉપરાંત પદાર્થો પોતાનું અસલ ખરેખરૂં કદ અથવા આકાર પાછાં મેળવશે નહી.

૧૧. વિલયિત્વ એટલે પીગળી જવાનો ગુણ (fusibility).—આ ગુણથી ધાતુઓ અને બીજા ઘણા પદાર્થો, જેવાકે, રાળ (resin) ચરબી, વિગેરેને અમુક ઉષ્ણતામાન (ટેમ્પરેચર) સુધી ગરમ કરતાં તેઓ પીગળી જઈ પ્રવાહી બને છે. નીચે આપેલા કોઠામાં કેટલીક ધાતુઓ અને બીજા પદાર્થોનાં પીગળી જવાનાં ઉષ્ણતામાન (melting temperatures અથવા melting points) આપેલાં છે.

ધાતુઓ અને બીજા પદાર્થોનાં દ્રવતપમાન એટલે પીગળી જવાનાં ઉષ્ણતામાન (ટેમ્પરેચર)નો કોઠો.

ધાતુઓ અને બીજા પદાર્થો.	પીગળી જવાનાં ઉષ્ણતામાન.	
	ફેરેન્હાઈટ અંશમાં.	સેન્ટીગ્રેડ અંશમાં
ગંધકનો તેજાબ (સલ્ફ્યુરસ એસીડ)	−૧૪૮	−૧૦૦
કારબોનીક એસીડ	−૧૦૮	−૭૭·૮
પારો (મર્ક્યુરી)	−૩૯·૫	−૩૯·૫
ટરપેન્ટાઇન	૧૪	−૧૦
ચરબી (ટેલો)	૯૨	૩૩·૩
મીણ (વેક્સ)	૧૪૯	૬૫
ગંધક (સલ્ફર)	૨૩૯	૧૧૫
કલાઇ (ટીન)	૪૪૨	૨૨૮
બીસ્મથ	૫૦૯	૨૬૫
સીસું (લેડ)	૬૧૭	૩૨૫
જસત (ઝીંક)	૭૭૯	૪૧૫
સુરમાની ધાતુ (એન્ટીમની)	૮૧૦ થી ૧૧૫૦	૪૩૨ થી ૪૬૧
એલ્યુમીનીયમ	૧૧૫૭	૬૨૫
કાંસુ (બ્રોંઝ)	૧૬૮૮	૯૨૦
રૂપું (સીલ્વર)	૧૭૫૦	૯૫૪
પીતળ (બ્રાસ)	૧૮૮૬	૧૦૩૦
ત્રાંબુ (કોપર)	૧૯૩૧	૧૦૫૫
સોનું (ગોલ્ડ)	૧૯૫૦	૧૦૬૫
ધોળું બીડ (વ્હાઇટ કાસ્ટ આયરન)	૨૦૭૫	૧૧૩૫
ભુરૂં બીડ (ગ્રે કાસ્ટ આયરન)	૨૨૫૦	૧૨૩૨
સખત પોલાદ (હાર્ડ સ્ટીલ)	૨૫૮૮	૧૪૨૦
નરમ પોલાદ (માઇલ્ડ સ્ટીલ)	૨૬૮૭	૧૪૭૫
નીકલ	૨૬૪૦	૧૪૪૯
ઘડતર લોઢું (રોટ આયરન)	૨૯૧૨	૧૬૦૦
પ્લેટીનમ	૩૨૨૭	૧૭૭૫
મેંગેનીઝ	૩૪૫૨	૧૯૦૦

ભાર એટલે લોડ (Load).—જ્યારે એક પદાર્થ ઉપર જોર અથવા જોરો લાગુ પાડવામાં આવે કે જેથી તે પદાર્થ લંબાય દબાય, વળી જાય, અમળાય, અથવા કપાઈ જાય, અથવા લંબાવાનું, દબાવાનું, વળી જવાનું, અમળાવાનું, અથવા કપાઈ જવાનું વલણ કરે, ત્યારે તે લાગુ પાડેલાં કુલ જોરને "લોડ" (load) એટલે "ભાર" કહે છે; અથવા જુદા જુદા ભાગોને જોડીને બનાવેલી રચના એટલે સ્ટ્રકચર (structure) ઉપર તેનાં પોતાનાં વજન સુદ્ધાં જે કુલ વજન પડે છે અને જેનાથી તેનો આકાર બગડવાનું અથવા તૂટી જવાનું વલણ થાય છે તે કુલ વજનને પણ "લોડ" (load) કહે છે.

અચેતન ભાર એટલે ડેડ લોડ (Dead Load).—જે લોડનું દબાણ કશો પણ ફેરફાર થયા વિના હમેશાં એકસરખું ચાલુ રહેતું હોય તેવા લોડને "ડેડ લોડ" (dead load) કહેવામાં આવે છે; દાખલા તરીકે, મકાનની દીવાલો ઉપર પડતું છાપરાનું વજન "ડેડ લોડ" છે.

ચેતન ભાર એટલે લાઈવ લોડ (Live Load).—જે લોડ વારંવાર ફેરફાર થયા કરતો હોય તેને "લાઈવ લોડ" (live load) કહેવામાં આવે છે; દાખલા તરીકે, પુલ ઉપરથી પસાર થતી સોલજરોની રેજીમેન્ટ, ગાડીની હાર, અથવા ટ્રેન પુલ ઉપર "લાઈવ લોડ" ઉત્પન્ન કરે છે.

સ્ટ્રેન (Strain) એટલે વિકાર.—પદાર્થ અથવા સ્ટ્રકચર ઉપર લોડને લાગુ પાડવાથી તે પદાર્થ અથવા સ્ટ્રકચરની લંબાઈ અથવા આકાર અથવા બીજાં માપોમાં જે ફેરફાર થાય છે તે ફેરફારને "સ્ટ્રેન" (strain) કહે છે.

ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેન.—જો એક સળીયા, ટાઈ–રોડ (tie-rod) અથવા ભારવટિયા (બીમ) ઉપર તેમની ધરીની દિશામાં લોડને લાગુ પાડવામાં આવે કે જેથી તે સળીયો, ટાઈ–રોડ, અથવા બીમ

(beam) લંબાઇની દિશામાં વધે, ત્યારે લંબાઇના એકમ દીઠ લંબાઇમાં થતા આ વધારાને "ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેન" (tensile strain) કહે છે. દાખલા તરીકે, સળીયાના એક છેડાને એવી રીતે સજ્જડ કરીએ કે જેથી તે ઉભો લટકે, અને તેને બીજે છેડે વજનો લટકાવીએ તો તે સળીયો લંબાઇમાં વધશે, અને લંબાઇમાં થતો આ વધારો અમુક હદ સુધી લાગુ પાડેલાં વજનનાં બરાબર પ્રમાણમાં હશે. આ બાબતમાં સ્ટ્રેન અપૂર્ણાંક છે, જે અપૂર્ણાંક લંબાઇના વધારાને અંશ તરીકે લેવાથી અને મૂળ લંબાઇને છેદમાં મુકવાથી બને છે, અથવા

$$\text{ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઇનો વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઇ}}$$

જો લંબાઇમાં થતો વધારો મૂળ લંબાઇની બરાબર હોય, ત્યારે ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેન = એક છે.

ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેન નીચલા નિયમોને આધિન છે:—

(૧) લંબાઇમાં થતો વધારો અમુક હદ સુધી ખેંચાણનાં જોરોનાં સીધા પ્રમાણમાં છે.

(૨) લંબાઇમાં થતો વધારો લંબાઇનાં સીધા પ્રમાણમાં છે.

(૩) લંબાઇમાં થતો વધારો છેદચિત્રનાં ક્ષેત્રફળનાં ઉલટા પ્રમાણમાં છે; બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો જો ક્ષેત્રફળ બમણું થાય તો લંબાઇમાં થતો વધારો અર્ધો થશે, કારણ કે ખેંચાણની સામે થતો ધાતુનો જથ્થો બમણો થયો છે.

દાખલો ૧.—૧૦ ફુટ લાંબા એક તારને ઉભો લટકાવી તેના નીચલા છેડાએ વજન (લોડ) લટકાવવામાં આવ્યાથી તેની લંબાઈ વધીને ૧૦ ફુટ ૧ ઇંચ થાય છે, તો સ્ટ્રેન શોધો?

લંબાઇમાં થતો વધારો = ૧ ઇંચ.

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઇમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઇ}} = \frac{૧}{૧૦ \times ૧૨} = \frac{૧}{૧૨૦} = \underline{\cdot૦૦૮૩}$$

કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેન (Compressive Strain).—જો એક સળીયા, ટેકા, સ્ટ્રટ (strut), અથવા થાંભલા (પીલર pillar) ઉપર તેમની ધરીની દિશામાં લોડને એવી રીતે લાગુ પાડવામાં આવે જેથી તે સળીયો, ટેકો, સ્ટ્રટ, અથવા થાંભલો દબાય અથવા લંબાઈમાં ટુંકો થાય, ત્યારે લંબાઈના એકમ દીઠ લંબાઈમાં થતા આ ઘટાડાને "કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેન" કહે છે. માટે,

$$\text{કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં થતો ઘટાડો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}}$$

દાખલો ૨.—ટેકો આપનારા ૧૦ ફુટ લાંબા એક ઉભા થાંભલા ઉપર વજન (લોડ) આવવાથી તે લંબાઈમાં $\frac{૧}{૧૦}$ ઇંચ ઘટેલો માલમ પડયો, તો તે ઉપર આવતું સ્ટ્રેન શોધો?

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં થતો ઘટાડો}}{\text{મૂળ લંબાઈ}}$$

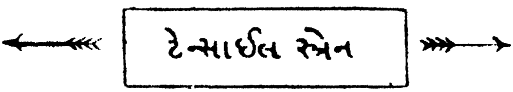
$$= \frac{-\cdot ૧}{૧૦ \times ૧૨} = \frac{-\cdot ૧}{૧૨૦} = \underline{\cdot ૦૦૦૮૩}$$

વૈકારિક જોમ એટલે સ્ટ્રેસ (Stress).—સ્ટ્રેનની સામે થવામાં પદાર્થનાં આણુઓ વચ્ચે જે પ્રતિકારક (reactive) જોર કાર્ય કરે છે તે જોરને "સ્ટ્રેસ" કહે છે, અથવા જ્યારે પદાર્થ અથવા રચના ઉપર તેના આકાર અથવા કદમાં ફેરફાર કરે એવા જોરો (સ્ટ્રેનીંગ ફોર્સીસ) પડે અથવા લાગુ પાડવામાં આવે, ત્યારે આ જોરોની સામે જે અંદરનાં આણુ-કાર્યો થાય છે તેને "સ્ટ્રેસ" કહેવામાં આવે છે. કોઈ પણ બિંદુ આગળનો સ્ટ્રેસ તે બિંદુ આગળનાં છેદનચિત્રના દર ચોરસ ઇંચ ઉપરનું જોર દર્શાવે છે. ત્યારે, જો P = છેદનચિત્રનાં કુલ ક્ષેત્રફળ (ચોરસ ઇંચમાં) A ઉપર લાગુ પાડેલું કુલ જોર અથવા લોડ હોય, ત્યારે

$$\text{સ્ટ્રેસ} = \frac{\text{કુલ જોર અથવા લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ ચો. ઇંચમાં}} = \frac{P}{A}$$

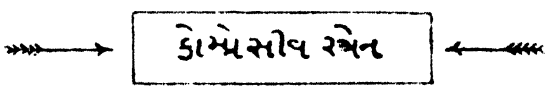
પદાર્થો અથવા સ્ટ્રક્ચર્સ ઉપર પાંચ જાતનાં સ્ટ્રેસ પડે છે; જેવાં કે, (૧) ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ, (૨) કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેસ, (૩) બેન્ડીંગ અથવા ટ્રેન્સ્વર્સ સ્ટ્રેસ, (૪) શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ અને (૫) તોર્શનલ અથવા ત્વીસ્તાંગ સ્ટ્રેસ; અને આ સઘળાં સ્ટ્રેસને માત્ર ટેન્સાઈલ અને કોમ્પ્રેસીવ જાતનાં સ્ટ્રેસનાં રૂપમાં લાવી શકાય છે.

(૧) ખેંચ એટલે ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ (Tensile stress).— જો એક સળીયા, ટાઈ-રોડ (tie-rod), અથવા ભારવટિયા (બીમ beam) ઉપર તેમની ધરીની દિશામાં લોડને એવી રીતે લાગુ પાડવામાં આવે જેથી તેઓ લંબાઈની દિશામાં વધવાનું વલણ કરે ત્યારે તેમનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઈંચ ઉપરનાં પ્રતિકાર્યને "ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ" કહેવામાં આવે છે.



આકૃતિ ૧૯.

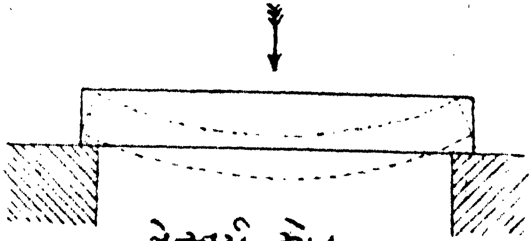
(૨) દાબ એટલે કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેસ (Compressive) Stress).— જો એક સળીયા, ટેકા (shore), સ્ટ્રટ (strut), અથવા થાંભલા (pillar) ઉપર તેમની ધરીની દિશામાં લોડને એવી રીતે લાગુ પાડવામાં આવે કે જેથી તેઓ દબાવાનું અથવા લંબાઈમાં ટુંકા થવાનું વલણ કરે, ત્યારે તેમનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઈંચ ઉપરનાં પ્રતિકાર્યને "કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેસ" કહેવામાં આવે છે.



આકૃતિ ૨૦.

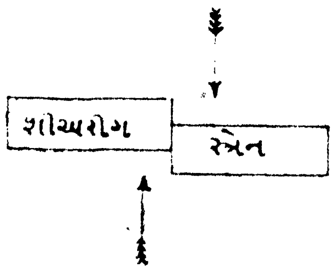
(૩) વલન એટલે બેન્ડીંગ અથવા ટ્રેન્સ્વર્સ સ્ટ્રેસ (Bending or Transverse Stress).— જો એક સળીયા અથવા ભારવટિયા એટલે બીમને ટેકાઓ ઉપર ટેકવી તે ટેકાઓની વચ્ચે તે સળીયાં અથવા બીમ ઉપર વજનં અથવા લોડને તેની ધરીને

કાટખૂણે એટલે તેનાં છેદચિત્રને સમાંતર દિશામાં મૂકવામાં આવે કે જેથી તેઓ વળી જવાનું વલણ કરે ત્યારે તેમનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઈંચ ઉપરનાં પ્રતિકાર્યને "બેન્ડીંગ અથવા ટ્રેન્સ્વર્સ સ્ટ્રેસ" કહેવામાં આવે છે.



આકૃતિ ૨૧.

(૪) **ભંજન જોમ એટલે શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ (Shearing stress).**—જો એક સળીયા અથવા રીવેટ (rivet) ઉપર તેમની ધરીને કાટખૂણે એટલે તેમનાં છેદચિત્રને સમાંતર દિશામાં લોડને એવી રીતે લાગુ પાડવામાં આવે કે જેથી તેઓ કપાઈ જવાનું વલણ કરે ત્યારે તેમનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઈંચ ઉપરનાં પ્રતિકાર્યને "શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ" કહેવામાં આવે છે.



આકૃતિ ૨૨.

(૫) **મરડ એટલે તોર્શનલ અથવા ત્વીસ્તીંગ સ્ટ્રેસ (Torsional or Twisting Stess).**—જો એક સળીયા, સ્ક્રુ, અથવા શાફ્ટ ઉપર તેમના પરિધની દિશામાં જોર અથવા લોડને એવી રીતે લાગુ પાડવામાં આવે કે જેથી તેઓ અમળાઈ જવાનું વલણ કરે ત્યારે તેમનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઈંચ ઉપરનાં પ્રતિકાર્યને "તોર્શનલ અથવા ત્વીસ્તીંગ સ્ટ્રેસ" કહેવામાં આવે છે.

 તોર્શનલ સ્ટ્રેન આકૃતિ ૨૩.

દાખલો ૩.—એક રૂળીયો જેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ¼ ચોરસ ઇંચ છે તેને ઉપલે છેડેથી લટકાવી નીચલે છેડે ૮૦૦ પૈાંડનું વજન એટલે લોડ લટકાવવામાં આવે છે તો તે ઉપર આવતું ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ શોધો ?

$$\text{સ્ટ્રેસ} = \frac{\text{કુલ લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} = \frac{\text{૮૦૦}}{\text{·૨૫}} = \underline{\text{૩૨૦૦ પૈાંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}}$$

દાખલો ૪.—ટેકો આપનારા ૧૦ ફુટ ઉંચા એક ઉભા થાંભલાનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૨ ચોરસ ઇંચ છે, અને તેનાં મથાળાં ઉપર ૮૦૦૦ પૈાંડનો ભાર એટલે લોડ ટેકવાય છે, તો તે ઉપરનો કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેસ શોધો ?

$$\text{સ્ટ્રેસ} = \frac{\text{કુલ લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} = \frac{\text{૮૦૦૦}}{\text{૨}} = \underline{\text{૪૦૦૦ પૈાંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}}$$

દાખલો ૫.—છાપરાંની એક લોખંડની કેંચી (ત્રસ truss)ના ટાઇ-રોડની લંબાઈ ૫૦ ફુટ છે. છાપરાં, વિગેરેનાં વજનથી તે લંબાઈમાં ૧ ઇંચ વધે છે, તો તે ઉપરનું સ્ટ્રેન શોધો ?

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઇ}} = \frac{\text{૧}}{\text{૬૦૦}} = \underline{\text{·૦૦૧૬૭.}}$$

દાખલો ૬.—દાખલા ૫માં આપેલો ટાઈ-રોડ ·૦૦૩નાં સ્ટ્રેનથી કેટલો લંબાશે ?

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઇ}}$$

$$\therefore \text{ લંબાઈમાં વધારો} = \text{સ્ટ્રેન} \times \text{મૂળ લંબાઈ.}$$

$$= \text{·૦૦૩} \times \text{૫૦} \times \text{૧૨} = \underline{\text{૧·૮ ઈંચ.}}$$

દાખલો ૭.—ઇંડીઆ-રબરના ૧ ફુટ લાંબા સળીયાને જ્યાં સુધી તેની લંબાઈ (૧) ૧૮ ઇંચ, અને (૨) ૨૪ ઇંચ થાય ત્યાં સુધી તેને લંબાવવામાં આવે છે, તો દરેક વેળાએ સ્ટ્રેન કેટલું હશે તે શોધો?

(૧) સ્ટ્રેન $= \frac{૬}{૧૨} = \frac{૧}{૨} =$ <u>·૫</u>

(૨) સ્ટ્રેન $= \frac{૧૨}{૧૨} =$ <u>૧</u>

દાખલો ૮.—એક ભારવટિયાને ટેકવનારા ૧૬ ફુટ લાંબા થાંભલા ઉપર વજન પડવાથી તેની લંબાઈ ઘટીને ૧૫ ફુટ ૧૧·૮ ઇંચ થાય છે, તો તે ઉપર આવતું સ્ટ્રેન શોધો?

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઈમાં થતો ઘટાડો}}{\text{મૂળ લંબાઇ}} = \frac{-·૨}{૧૬ \times ૧૨} = \frac{-·૨}{૧૯૨} = \underline{·૦૦૧૦૪}$$

દાખલો ૯.—એક બીડના થાંભલા ઉપર −·૦૦૧૬નું સ્ટ્રેન પડે છે; તેની મૂળ લંબાઈ ૧૪ ફુટ છે, તો તેની ફેરવાયલી લંબાઇ શોધો?

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઇમાં થતો ઘટાડો}}{\text{મૂળ લંબાઇ}}$$

∴ લંબાઇમાં થતો ઘટાડો = સ્ટ્રેન × મૂળ લંબાઇ

= ·૦૦૧૬ × ૧૪ × ૧૨ = ·૨૬૮૮ ઇંચ.

∴ ફેરવાયલી લંબાઈ = ૧૬૮ − ·૨૬૮૮

= <u>૧૩ ફુટ ૧૧·૭૩૧૨ ઇંચ.</u>

દાખલો ૧૦.—એક સ્ટીલના તારનો વ્યાસ ·૧ ઇંચ છે અને તેને ૧૪ પૌંડનાં જોરથી ખેંચવામાં આવે છે, તો સ્ટ્રેસ શોધો?

તારનું ક્ષેત્રફળ = ·૧ × ·૧ × ·૭૮૫૪ = ·૦૦૭૮૫૪

$$\text{સ્ટ્રેસ} = \frac{\text{કુલ જોર અથવા લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} = \frac{૧૪}{·૦૦૭૮૫૪}$$

= <u>૧૭૮૨·૫ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ</u>

દાખલો ૧૧.—૧૦ ફુટ લાંબા અને $\frac{૧}{૮}$ ચોરસ ઇંચનાં છેદ-ચિત્રવાળા એક તારના ટુકડાને ઉભો લટકાવી તેને નીચલે છેડે ૪૫૦

પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવતાં તે ·૦૧૫ ઇંચ લંબાઇમાં વધે છે, તો સ્ટ્રેસ અને સ્ટ્રેન શોધો?

$$\text{સ્ટ્રેસ} = \frac{\text{કુલ લૌડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} = \frac{૪૫૦}{\frac{૧}{૮}} = ૪૫૦ \times ૮$$

$$= \underline{૩૬૦૦ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}}$$

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઇમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઇ}} = \frac{·૦૧૫}{૧૦ \times ૧૨} = \frac{·૦૧૫}{૧૨૦} = \underline{·૦૦૦૧૨૫}$$

દાખલો ૧૨.—એક બીડનો થાંભલો જે ૧૨ ફુટ ઉંચો અને ૪ ઇંચ વ્યાસનો છે તે ઉપર ૩૦ ટનનું કુલ વજન પડે છે જેથી તેની લંબાઇમાં ·૧૨૫ ઇંચ ઘટાડો થાય છે, તો સ્ટ્રેસ અને સ્ટ્રેન શોધો?

$$\text{ક્ષેત્રફળ} = ૪ \times ૪ \times ·૭૮૫૪ = ૧૨·૫૬૬૪$$

$$\text{સ્ટ્રેસ} = \frac{\text{કુલ વજન અથવા લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} = \frac{૩૦ \times ૨૨૪૦}{૧૨·૫૬૬૪}$$

$$= \underline{૫૩૪૭·૬ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ}}$$

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઇમાં થતો ઘટાડો}}{\text{મૂળ લંબાઇ}} = \frac{·૧૨૫}{૧૨ \times ૧૨} = \frac{·૧૨૫}{૧૪૪} = \underline{·૦૦૦૮૬૮}$$

છેવટનું જોર અથવા તોડી નાંખનારૂં જોર (અલ્ટીમેટ અથવા બ્રેકીંગ સ્ટ્રેસ Ultimate or Breaking Stress).—દરેક જાતના પદાર્થ માટે અને લોડ (કુલ વજન અથવા જોર) લાગુ પાડવાની દરેક રીત માટે જોરની અમુક હદ હોવી જોઇએ કે જે હદ ઉપરાંત જોર સહેજ પણ વધે તો પદાર્થ તૂટી જાય છે. ત્યારે તૂટી જવાની પહેલાં પદાર્થ જે સૌથી વધુમાં વધુ જોર ખમી શકે છે તે જોરને તે પદાર્થનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઇંચ દીઠ "છેવટનું જોર" એટલે "અલ્ટીમેટ સ્ટ્રેંગ્થ" કહેવામાં આવે છે. ટુંકમાં કહીએ તો જે જોર વડે પદાર્થ તૂટી જવાની અણી ઉપર

આવે તે જોરને તે પદાર્થનું તેનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઇંચ દીઠ **અલ્ટીમેટ સ્ટ્રેંગ્થ** અથવા **બ્રેકીંગ સ્ટ્રેસ** કહેવામાં આવે છે. જે લોડ (કુલ જોર અથવા વજન) વડે એક પદાર્થ તૂટી જવાની અણી ઉપર આવે તે લોડને તે પદાર્થનાં છેદચિત્રનાં ક્ષેત્રફળ વડે ભાગવાથી "ભંગ બળ" એટલે "અલ્ટીમેટ સ્ટ્રેંગ્થ" અથવા "બ્રેકીંગ સ્ટ્રેસ" મળે છે.

નિર્ભય ભાર એટલે સેફ વર્કીંગ લોડ (Safe working Load).—પદાર્થ ઉપર સલામતી સાથે જે લોડ (વજન અથવા જોર) લાગુ પાડી શકાય તેને "સેફ વર્કીંગ લોડ" કહેવામાં આવે છે.

અભયગુણક એટલે ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી (Factor of Safety).—બ્રેકીંગ લોડ અને સેફ વર્કીંગ લોડ વચ્ચેનાં પ્રમાણને **ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી** કહેવામાં આવે છે. જુદી જુદી જાતના પદાર્થો ઉપર અને એકજ જાતના પદાર્થ માટે તેની ઉપર લોડને લાગુ પાડવાની જુદી જુદી રીતો અને સંજોગો ઉપર ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી મોટાં પ્રમાણમાં આધાર રાખે છે. જે પદાર્થોને હમેશાં સુકી સ્થિતિમાં રાખવામાં આવતા હોય અથવા બરાબર સારી રીતે રંગ લગાડીને રાખવામાં આવતા હોય, અને જેની બરાબર સંભાળ રાખવામાં આવતી હોય તેવા પદાર્થો કરતાં જે પદાર્થો કાટથી ખવાઈ જવાને અને કોઇ પણ જાતના અંદરના ફેરફારને આધિન હોય તેવા પદાર્થો માટે ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી વધારે મોટો હોવો જોઇએ. વળી જે પદાર્થો ઉપર લોડને ઓચિંતો લાગુ પાડવામાં આવતો હોય અથવા જ્યાં લોડ વારાફરતી ધક્કો અને ખેંચાણ હોય ત્યાં ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી મોટો વાપરવામાં આવે છે. જે પદાર્થ ઉપર લોડ સ્થિર હોય અથવા ઘણો ધીમે ધીમે લાગુ પાડવામાં આવતો હોય અને તેજ પ્રમાણે ઘણો ધીમે ધીમે ઉંચકી લેવામાં આવતો હોય તેવા પદાર્થો માટે ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ઓછો લઇ શકાય છે.

નીચે આપેલો કોઠો વ્યવહાર ઉપરથી મેળવેલા જુદી જુદી ધાતુ અને લોડ લાગુ પાડવાની જુદી જુદી રીતો માટેના ફેક્ટર ઓફ સેફટી આપે છે.

ધાતુઓ	એક સરખા ચાલુ રહેતા લોડ (ડેડ લોડ) માટે	વારંવાર ફેરફાર થયા કરતા લોડ (લાઈવ લોડ) માટે	ચાલતા લોડ (મુવીંગ લોડ) માટે
ઘડતર લોઢું	૩	૫ થી ૮	૯ થી ૧૩
નરમ પોલાદ	૩	૫ થી ૮	૯ થી ૧૩
સખ્ત પોલાદ	૩	૫ થી ૮	૧૦ થી ૧૫
કાંસુ અને ગનમેટલ	૫	૬ થી ૯	૧૦ થી ૧૫
બીડ અને પીત્તળ	૪	૬ થી ૧૦	૧૦ થી ૧૫

ભંગબળ એટલે અલ્ટીમેટ અથવા બ્રેકીંગ સ્ટ્રેંગ્થને ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી વડે ભાગવાથી સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસ મળે છે, ત્યારે

$$\text{દર ચો. ઇંચ દીઠ સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસ} = \frac{\text{અલ્ટીમેટ અથવા બ્રેકીંગ સ્ટ્રેંગ્થ દર ચો. ઇં. દીઠ}}{\text{ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી}}$$

દાખલો ૧૩.—એક બોયલરની પોલાદની પ્લેટનું તૂટી જવાનું જોર એટલે અલ્ટીમેટ સ્ટ્રેંગ્થ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૦ ટન છે. જો ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ૬ હોય તો તે પ્લેટ ઉપર સલામતી સાથે દર ચો. ઇંચ દીઠ કેટલું જોર (સ્ટ્રેસ) લઈ શકાય?

સલામતી સાથે લઈ શકાતું જોર દર ચો. ઇંચ દીઠ =

$$= \frac{\text{અલટીમેટ સ્ટ્રેંગ્થ દર ચો. ઇંચ દીઠ}}{\text{ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી}} = \frac{૩૦}{૬} = \underline{\text{૫ ટન}}$$

ધાતુઓનાં સરેરાશ અલ્ટીમેટ અથવા બ્રેકીંગ ટેન્સાઇલ, કોમ્પ્રેસીવ, અને શીઅરીંગ સ્ટ્રેસીસ તથા સાધારણ લાઇવ લોડ (Live Load) માટે સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસીસનો કોઠો:—

ધાતુઓ	દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ (Tensile Stress) ટનમાં		દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેસ/ Compressive Stress) ટનમાં		દર ચોરસ ઇંચ દીઠ શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ (Shearing Stress) ટનમાં	
	તૂટી જવાનું એટલે બ્રેકીંગ	સલામતી સાથે એટલે સેફ	તૂટી જવાનું એટલે બ્રેકીંગ	સલામતી સાથે એટલે સેફ	તૂટી જવાનું એટલે બ્રેકીંગ	સલામતી સાથે એટલે સેફ
બીડ (કાસ્ટ આયરન)	૭½	૧¼	૪૫	૪	૫	૧
ઘડતર લોઢાંના ઘડેલા ભાગો (રોટ આયરન ફોર્જીંગ્સ)	૨૫	૫	૨૨	૪	૨૦	૩½
ઘડતર લોઢાંની પ્લેટ	૧૮-૨૨	૪	—	૪	૧૬	૩
નરમ પોલાદ એટલે માઇલ્ડ સ્ટીલ (સાધારણ ઘડતર કામ માટે)	૩૫	૭	—	૭	—	૫
નરમ પોલાદના પ્લેટ અને રીવેટ માટેનું નરમ પોલાદ	૩૦	૬	—	૬	૨૪	૫
પોલાદ (કાસ્ટીંગ માટે)	૩૦	૫	—	૫	—	૩½
મજબુત ઘડતર કામના દાગીના અને ઓજાર માટે ક્રુસીબલ કાસ્ટ સ્ટીલ	૪૫	૮	૮૦	૮	—	૫
ત્રાંબુ (કોપર)	૧૩	૨	૨૬	૨	૧૧	૧½
ગનમેટલ	૧૨	૨	—	૨	—	૧½
પીતળ (બ્રાસ)	૧૧	૧½	—	૧½	—	૧
મંત્ઝ મેટલ	૨૨	૩½	—	૩½	—	૨½
ફોસ્ફર બ્રોંઝ	૨૫	૪	—	૪	—	૩
મેંગેનીઝ બ્રોંઝ	૩૦	૫	—	૫	—	૩½

જો લોડ (કુલ જોર અથવા વજન)ને એક ધાતુના ટુકડા ઉપર ધીમે ધીમે લાગુ પાડવામાં આવે તો તે લોડ ધાતુના ટુકડાને તોડી નાંખશે નહી, પણ જો તેજ લોડને તેજ ધાતુના ટુકડા ઉપર વારંવાર લાગુ પાડી ઉંચકી લેવામાં આવે. તો તે ટુકડો છેવટે તૂટી જશે. જો એનાં કરતાં પણ ઓછા લોડને વારાફરતી ધક્કો અને ખેંચાણ તરીકે તેજ ધાતુના ટુકડા ઉપર વારંવાર લાગુ પાડવામાં આવે તો તે ટુકડો તે ઓછા લોડ વડે તૂટી જશે. આ પ્રમાણે વર્તણુ કરેલી ધાતુ **થાકીને નબળી પડી જવાની** એટલે ફટીગ (**Fatigue**)ની સ્થિતિમાં આવી છે. દાખલા તરીકે, એમ માલમ પડયુ છે કે બીસ્મરનાં નરમ પોલાદ (Bessemer Mild Steel)ની પ્લેટ જેને ધીમે ધામે લાગુ પાડેલા લોડ સાથે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮·૬ ટનનું તૂટી જવાનું જોર (અલ્ટીમેટ સ્ટ્રેંગ્થ) હોય છે; જ્યારે તેજ પ્લેટ ઉપર જો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૫·૭ ટનનું જોર વારંવાર લાગુ પાડવામાં અને ઉપાડવામાં આવે તો તે પ્લેટ તૂટી જશે; અને વળી જો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૮·૬ ટનનું જોર વારાફરતી ધક્કો અને ખેંચાણ તરીકે વારંવાર લાગુ પાડવામાં આવે તો તે પ્લેટ તૂટી જશે.

સ્થાપકતા એટલે સ્વાગ્રહ એટલે ઇલેસ્ટીસીટી (Elasticity).—જે જોર વડે નક્કર પદાર્થોના આકાર બદલાયા હોય તે જોર તે પદર્થો ઉપરથી ઉપાડી લીધા પછી તેનાં પોતાનાં અસલ આકાર, કદ અને વળી જોર પાછું મેળવવાની શક્તિને "સ્થાપકતા" એટલે "સ્વાગ્રહ" એટલે "ઇલેસ્ટીસીટી" કહેવામાં આવે છે.

સ્વાગ્રહ સીમા અને હુકનો નિયમ(Limit of Elasticity અને Hooke's Law).—હુકનો નિયમ વર્ણવે છે કે–"સ્ટ્રેન સ્ટ્રેસનાં પ્રમાણમાં છે." આ અમુક હદ સુધી માત્ર ખરૂં છે; તે હદ સુધીમાં જો લોડ (વજન અથવા જોર) દુર કરવામાં આવે તો નક્કર પદાર્થ પોતાનો મૂળ આકાર, કદ, અને જોર પાછાં મેળવે છે; પણ તે હદ

કુદાવી જવામાં આવે તો નક્કર પદાર્થ કાયમનો લંબાયલો રહે છે જેને **સ્થાયી ફેરફાર એટલે પરમેનન્ટ સેટ (Permanent Set)** કહે છે. જ્યાંસુધી સ્ટ્રેસનાં પ્રમાણુમાં સ્ટ્રેન રહે એટલો લોડ લાગુ પાડવામાં આવે અથવા બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો કાયમનો ફેરફાર એટલે "સેટ" ઉત્પન્ન થાય નહી ત્યાંસુધી લાગુ પાડેલા સૌથી વધારેમાં વધારે લોડને **સ્વાગ્રહ સીમા** એટલે **લીમીટ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી** અથવા **પ્રુફ લોડ (Proof Load)** કહે છે. ત્યારે જો આ લોડ ઘણો વધી જાય તો તુરત ભંગાણ થશે, અને જો તે લોડ સરખામણીમાં ઓછા જથ્થાથી વધારવામાં આવે તો સ્થાય ફેરફાર એટલે "સેટ" ઉત્પન્ન થશે, અને જો તે લોડને વારાફરતી ઉંચક મેલ કર્યા કરવામાં આવે તો પદાર્થ છેવટે તૂટી જશે. ત્યારે હુકના નિયમને સંપૂર્ણ રીતે નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાયઃ-

સ્વાગ્રહ સીમા એટલે ઇલેસ્ટીક લીમીટ સુધી સ્ટ્રેન સ્ટ્રેસનાં પ્રમાણુમાં છે.

સ્થાપક પ્રમાણ એટલે મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી (Modulus of Elasticity).—હુકના નિયમ વડે આપણે આગળ દર્શાવ્યું છે કે ધાતુને કસવાની (ટેસ્ટ કરવાની) ક્રિયા દરમ્યાન જો તે ધાતુ ઉપર ધીમે ધીમે જોર લાગુ પાડવામાં આવે, અને જો લોડ તે ધાતુની સ્વાગ્રહ સીમા (ઇલેસ્ટીક લીમીટ)થી વધે નહી તો સ્ટ્રેન લોડનાં પ્રમાણુમાં હશે. પરિણામે સ્ટ્રેન સાથે સ્ટ્રેસનું પ્રમાણ હુકના નિયમની હદની અંદર દરેક ચોક્કસ પદાર્થ માટે નિયત રકમ હોય છે, અને તેને તે પદાર્થનું **સ્થાપક પ્રમાણ** એટલે **મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી** કહેવામાં આવે છે, અને તેને E અક્ષર વડે દર્શાવવામાં આવે છે. પણ સ્ટ્રેસ સ્ટ્રેનનાં પ્રમાણુમાં છે, માટે

$$\text{સ્ટ્રેસ} = E \times \text{સ્ટ્રેન}$$

$$\therefore \text{મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી} = E = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{\text{સ્ટ્રેન}}$$

અથવા આગળ આપણે વર્ણવી ગયા છીએ કે જો એક નક્કર પદાર્થ ઉપર એટલી હદ સુધી જોર લગાડવામાં આવે કે જેથી તેની લંબાઈ વધીને બમણી થાય, તો સ્ટ્રેન બરાબર એક થશે, જે માત્ર એક કલ્પના છે. જો એક નક્કર પદાર્થ જેવો કે એક સળીયા ઉપર આટલી હદ સુધી હુકના નિયમની હદમાં રહીને એટલે સ્વાગ્રહ સીમા (ઇલેસ્ટીક લીમીટ)થી વધે નહી એમ જોર લગાડી શકાય તો જોઈતું જોર તે સળીયાનું સ્થાપક પ્રમાણ એટલે મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી થશે; અથવા મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી = $E = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{1}$ = સ્ટ્રેસ જે એકમ સ્ટ્રેન ઉત્પન્ન કરશે, એવું માની લઈને કે આ હદ સુધી હુકનો નિયમ કાયમ રહે છે.

સ્ટ્રેન એકમની બરાબર ઉત્પન્ન થાય તેની પુષ્કળ અગાઉ નક્કર પદાર્થમાં સ્વાગ્રહ સીમા પહોંચી જાય છે, પણ સ્વાગ્રહ સીમા સુધીજ હુકનો નિયમ કાયમ રહે છે, તેટલા માટે આ હદ સુધી મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી એટલે સ્થાપક પ્રમાણ $E = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{\text{સ્ટ્રેન}}$ છે.

મોડયુલસ ઓફ ડાયરેકટ (સીધી) ઇલેસ્ટીસીટી અથવા યંગ્સ મોડયુલસ (Young's Modulus) E.—એ સંખ્યા છે જે સ્વાગ્રહ સીમા એટલે ઇલેસ્ટીક લીમીટ સુધીમાં સ્ટ્રેસ અને સ્ટ્રેનનું પ્રમાણ દર્શાવે છે, અને તે વ્યવહારમાં ખેંચાણ (ટેન્શન tension) અને દબાણ (કોમ્પ્રેશન compression) માટે સરખી છે.

ધારો કે, W = સળીયા ઉપરનું કુલ ખેંચાણ, દબાણ, અથવા લોડ પૌંડમાં.

A = સળીયાનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ઇંચમાં.

L = લોડ લાગુ પાડવાની અગાઉ સળીયાની લંબાઈ.

l = લોડ લાગુ પાડયા પછી લંબાઈમાં થતો વધારો અથવા ઘટાડો.

ત્યારે,

સળીયાનાં છેદચિત્રના દર ચો. ઇંચ દીઠ સ્ટ્રેસ $= \frac{W}{A}$, સ્ટ્રેન $= \frac{l}{L}$

અને $E = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{\text{સ્ટ્રેન}} = \frac{W}{A} \div \frac{l}{L}$

$\therefore \ E = \frac{WL}{Al}$

જો સ્ટ્રેસને ટનમાં લેવામાં આવે તો મોડયુલસ ઓફ ઈલેસ્ટીસીટીને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ટનમાં દર્શાવવામાં આવે છે, અને જો સ્ટ્રેસને પૌંડમાં લેવામાં આવે તો મોડયુલસ ઓફ ઈલેસ્ટીસીટીને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ પૌંડમાં દર્શાવવામાં આવે છે.

યંગ્સ મોડયુલસ ઓફ ઈલેસ્ટીસીટીનો કોઠો.

પદાર્થ	મોડયુલસ ઓફ ઈલેસ્ટીસીટી E દર ચો. ઇંચ દીઠ પૌંડમાં
બીડ (કાસ્ટ આયરન)	૧૭,૦૦૦,૦૦૦
ઘડતર લોઢાના સળીયા (રોટ આયરન બાર્સ)	૨૯,૦૦૦,૦૦૦
ઘડતર લોઢાની પ્લેટ (રોટ આયરન પ્લેટ)	૨૬,૦૦૦,૦૦૦
પોલાદ (સ્ટીલ)	૩૦,૦૦૦,૦૦૦
ત્રાંબુ (કોપર)	૧૫,૦૦૦,૦૦૦
પીતળ (બ્રાસ)	૧૩,૫૦૦,૦૦૦
સાગનું લાકડું (ટીક teak)	૨,૦૦૦,૦૦૦
ઓકનું લાકડું (Oak)	૧,૫૦૦,૦૦૦

દાખલો ૧૪.—૫ ફુટ લાંબા અને ૨$\frac{૧}{૪}$ ચોરસ ઇંચ છેદ-ચિત્રના એક પોલાદના સળીયાને એક છેડેથી લટકાવવામાં આવ્યો છે. જો પોલાદનો મોડયુલસ ઓફ ઈલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૦,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય તો તે સળીયાને બીજે છેડે કેટલું વજન લટકાવવું જોઈએ કે જેથી તેની લંબાઈમાં ·૦૧૬ ઇંચ જેટલો વધારો થાય ?

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\cdot ૦૧૬}{૫ \times ૧૨} = \frac{\cdot ૦૧૬}{૬૦} = \cdot ૦૦૦૨૬$$

$$\text{મોડયુલસ ઓફ ઈલિસ્ટીસીટી } E = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{\text{સ્ટ્રેન}}$$

∴ સ્ટ્રેસ = E × સ્ટ્રેન = ૩૦૦૦૦૦૦૦ × ·૦૦૦૨૬ = ૮૦૦૦ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ.

કુલ વજન અથવા લોડ = સ્ટ્રેસ × ક્ષેત્રફળ = ૮૦૦૦ × ૨·૨૫

= __૧૮૦૦૦ પૌંડ.__

દાખલો ૧૫.—એક લોઢાંનો ટાઇરોડ સ્વાગ્રહ સીમાએ એટલે ઇલેસ્ટીક લીમીટે તેનાં છેદચિત્રનાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૪૫૦૦ પૌંડનાં સ્ટ્રેસને આધિન છે, સ્ટ્રેન ·૦૦૦૫ છે, તો સ્થાપક પ્રમાણ એટલે મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી શોધો ?

$$E = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{\text{સ્ટ્રેન}} = \frac{૧૪૫૦૦}{\cdot ૦૦૦૫} = \underline{૨૯૦૦૦૦૦૦ \text{ પૌંડ.}}$$

દાખલો ૧૬.—એક લોખંડનો સળીયો જેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૨ ચોરસ ઇંચ છે અને લંબાઈ ૪૮ ફુટ છે તે ૨૪૯૦૦ પૌંડનાં જોર (લોડ) વડે ખેંચાય છે અને તેની લંબાઇમાં $\frac{૧}{૪}$ ઇંચનો વધારો થાય છે, તો સ્ટ્રેસ, સ્ટ્રેન, અને મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી શોધો ?

$$\text{સ્ટ્રેસ} = \frac{\text{કુલ લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} = \frac{૨૪૯૦૦}{૨} = \underline{૧૨૪૫૦ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}}$$

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઇમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઇ}} = \frac{\cdot ૨૫}{૪૮ \times ૧૨} = \frac{\cdot ૨૫}{૫૭૬} = \underline{\cdot ૦૦૦૪૩૪}$$

$$E = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{\text{સ્ટ્રેન}} = \frac{૧૨૪૫૦}{\cdot ૦૦૦૪૩૪} = \underline{૨૮૬૮૬૬૩૬ \text{ પૌંડ.}}$$

દાખલો ૧૭.—૪૦ ફુટ લાંબો અને $૧\frac{૧}{૪}$ ચોરસ ઇંચ છેદચિત્રનાં ક્ષેત્રફળવાળો એક પોલાદનો સળીયો $૧૦\frac{૧}{૪}$ ટનનાં વજન વડે કેટલો લંબાશે ? પોલાદનું સ્થાપક પ્રમાણ એટલે મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચો. ઇંચ દીઠ ૩૦૦૦૦૦૦૦ પૌંડ છે.

$$\text{સ્ટ્રેસ} = \frac{\text{કુલ લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}}$$

$$= \frac{૧૦.૫ \times ૨૨૪૦}{૧.૫} = ૧૫૬૮૦ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}$$

$$E = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{\text{સ્ટ્રેન}}$$

$$\therefore \text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{E}$$

$$= \frac{૧૫૬૮૦}{૩૦૦૦૦૦૦૦} = .૦૦૦૫૨૨૬$$

$$\text{પણ, સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઇમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઇ}}$$

$$\therefore \text{લંબાઇમાં વધારો} = \text{સ્ટ્રેન} \times \text{મૂળ લંબાઇ}$$

$$= .૦૦૦૫૨૨૬ \times ૪૦ \times ૧૨$$

$$= .૨૫૦૮૪૯ \text{ ઇંચ} = \frac{૧}{૪} \text{ ઇંચ લગભગ}$$

દાખલો ૧૮.—૬૦ ટનનો લોડ સલામતી સાથે ખમી શકવાને માટે ઘડતર લોઢાના એક ગોળ સળીયાનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઇએ ?

સ્ટ્રેસીસના કોઠામાં જોતાં જણાશે કે ઘડતર લોઢાનો સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસ (સલામતી સાથે લઇ શકાતું જોર) દર ચો. ઇંચ દીઠ ૫ ટન છે.

$$\text{સ્ટ્રેસ} = \frac{\text{લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}}$$

$$\therefore \text{ક્ષેત્રફળ} = \frac{\text{લોડ}}{\text{સ્ટ્રેસ}} = \frac{૬૦}{૫} = ૧૨ \text{ ચોરસ ઇંચ.}$$

$$\text{વ્યાસ} = \sqrt{\frac{૧૨}{.૭૮૫૪}} = \sqrt{૧૫.૨૮} = ૩.૯ \text{ ઇંચ.}$$

દાખલો ૧૯.—એક એરપમ્પમાં બકેટનાં મથાળાંની બાજુ ઉપર વાતાવરણનાં દબાણ ઉપરાંત દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬ પૌંડનું દબાણ પડે છે અને બકેટને તળીયે ૨૬ ઇંચનું વેક્યુમ છે. જો બકેટનો

વ્યાસ ૨૮ ઇંચ હોય તો તે બકેટને ઉપાડતાં ૪ ઇંચ વ્યાસના પમ્પ રોડમાં ઉત્પન્ન થતું સ્ટ્રેસ શોધો? જો પમ્પ રોડ ૫ ફુટ લાંબો હોય અને મોડયુલસ ઓફ઼ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૯૦૦૦૦૦૦ પૌંડ હોય તો તે રોડ લંબાઇમાં કેટલો ખેંચાશે?

બકેટને ઉપાડતાં તેની ગતિની દિશાની વિરૂદ્ધ દિશામાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કાર્ય કરતું કેવળ દબાણ = ૬ + ૧૫ = ૨૧ પૌંડ છે, અને ગતિની દિશામાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કાર્ય કરતું કેવળ દબાણ (એબ્સોલ્યુટ પ્રેશ્યોર) = ૧૫ − ૧૩ = ૨ પૌંડ છે.

ત્યારે બકેટની ગતિની વિરૂદ્ધ દિશામાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કાર્ય કરતું કાર્યસાધક (effective) દબાણ = ૨૧ − ૨ = ૧૯ પૌંડ છે.

બકેટ ઉપર તેની ગતિની વિરૂદ્ધ દિશામાં કાર્ય કરતું કુલ દબાણ = ૨૮ × ૨૮ × ·૭૮૫૪ × ૧૯ = ૧૧૬૯૯·૩૧૮૪ પૌંડ.

બકેટને ઉપાડતાં પમ્પ રોડ ઉપર આવતો કુલ લોડ = બકેટ ઉપરનું કુલ દબાણ = ૧૧૬૯૯·૩૧૮૪ પૌંડ.

$$\therefore \text{પમ્પ–રોડમાં ઉત્પન્ન થતું સ્ટ્રેસ} = \frac{\text{કુલ લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}}$$

$$= \frac{૧૧૬૯૯·૩૧૮૪}{૪ \times ૪ \times ·૭૮૫૪}$$

$$= \underline{\text{૯૩૧ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ.}}$$

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{E} = \frac{૯૩૧}{૯૦૦૦૦૦૦}$$

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઇમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઇ}}$$

$$\therefore \text{લંબાઇમાં વધારો} = \text{સ્ટ્રેન} \times \text{મૂળ લંબાઇ}$$

$$= \frac{૯૩૧}{૯૦૦૦૦૦૦} \times ૫ \times ૧૨ = \underline{·૦૦૬૨ \text{ ઇંચ.}}$$

દાખલો ૨૦.—૨ ઇંચ વ્યાસના પોલાદના પીસ્તન રોડ ઉપર વારાફરતી ખેંચાણનું અને દબાણનું જોર આવે છે. ખેંચાણનું અને દબાણનું જોર (સ્ટ્રેસ) દરેક દર ચો. ઈંચ દીઠ ૮૦૦૦ પૈાંડ છે. તે રોડની મધ્યરેષા ઉપરનાં બે બિંદુઓ A અને B વચ્ચેનું અંતર જ્યારે રોડ ઉપર લોડ આવતો ન હોય ત્યારે ૪ ફુટ છે, તો (૧) પીસ્તન ઉપરનો કાર્યસાધક લોડ શોધો, અને (૨) A અને B બિંદુઓ વચ્ચેનાં સૌથી વધુ અને સૌથી ઓછાં અંતર વચ્ચેનો તફાવત શોધો. E = ૩૦,૦૦૦,૦૦૦ પૈાંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ છે.

(૧) કાર્યસાધક લોડ = ૮૦૦૦ × ૨ × ૨ × ·૭૮૫૪

= <u>૨૫૧૩૩ પૈાંડ</u>

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{E} = \frac{૮૦૦૦}{૩૦૦૦૦૦૦૦} = \frac{૧}{૩૭૫૦}$$

$$\text{ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઇમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઇ}}$$

∴ લંબાઇમાં વધારો = સ્ટ્રેન × મૂળ લંબાઇ

$$= \frac{૧}{૩૭૫૦} \times ૪ \times ૧૨ = ·૦૧૨૮ \text{ ઇંચ}$$

ટેન્સાઇલ લોડ લાગુ પાડ્યા પછી A અને B વચ્ચેનું અંતર = ૪૮+·૦૧૨૮ = ૪૮·૦૧૨૮ ઇંચ

એજ પ્રમાણે લંબાઇમાં થતો ઘટાડો = ·૦૧૨૮ ઇંચ

∴ કામ્પ્રેસીવ લોડ લાગુ પાડ્યા પછી A અને B વચ્ચેનું અંતર = ૪૮ − ·૦૧૨૮ = ૪૭·૯૮૭૨ ઇંચ

∴ સૌથી વધુ અને સૌથી ઓછાં અંતર વચ્ચેનો તફાવત = ૪૮·૦૧૨૮ − ૪૭·૯૮૭૨ = <u>·૦૨૫૬ ઇંચ</u>

દાખલો ૨૧.—સમાન છેદચિત્રના એક સળીયા જેનું વજન દર ઘન ઇંચ દીઠ ·૨૮ પૈાંડ છે અને કોએફીશન્ટ ઓફ઼ ઇલેસ્ટીસીટી એટલે સ્થાપક પ્રમાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮,૦૦૦,૦૦૦ પૈાંડ છે તેને જ્યારે એક

છેડેથી ઉભો લટકાવવામાં આવે છે ત્યારે તે દર ચોરસ ઈંચ દીઠ $\frac{૩}{૪}$ ટનનો સૌથી વધુમાં વધુ ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ (ખેંચાણનું જોર) ઉત્પન્ન કરે છે, તો તે સળીયાની લંબાઇ શોધો, અને વળી તે ખેંચાણનાં જોરને લીધે તેની લંબાઇમાં થતો વધારો શોધો ?

સળીયાનું વજન દર ઘન ફુટ દીઠ ·૨૮ પૌંડ છે, માટે જો તેને એક છેડેથી ઉભો લટકાવવામાં આવે તો તેની દરેક ઈંચ લંબાઇ દીઠ દર ચોરસ ઇંચ ઉપર ·૨૮ પૌંડનો ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ ઉત્પન્ન કરશે.

$$·૨૮ \;:\; ·૭૫ \times ૨૨૪૦ \;::\; ૧''$$

$$\therefore \text{ સળીયાની લંબાઇ} = \frac{·૭૫ \times ૨૨૪૦ \times ૧}{·૨૮}$$

$$= ૬૦૦૦ \text{ ઈંચ} = \underline{૫૦૦ \text{ ફુટ}}$$

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{E} = \frac{·૭૫ \times ૨૨૪૦}{૨૮૦૦૦૦૦૦} = \frac{૩}{૫૦૦૦૦}$$

લંબાઇમાં વધારો = સ્ટ્રેન × મૂળ લંબાઇ

સળીયા સમાન છેદચિત્રનો હોવાથી તેનું વજન તેનાં ગુરૂત્વ મધ્ય બિંદુ આગળ એટલે સળીયાની લંબાઇનાં મધ્યમાં કાર્ય કરે છે, માટે સ્ટ્રેન અર્ધું એટલે $\frac{૩}{૫૦૦૦૦ \times ૨}$ જેટલું આવશે.

$$\therefore \text{ લંબાઇમાં વધારો} = \frac{૩ \times ૫૦૦ \times ૧૨}{૫૦૦૦૦ \times ૨}$$

$$= \frac{૧૮}{૧૦૦} = \underline{·૧૮ \text{ ઈંચ}}$$

દાખલો ૨૨.—એક બોયલરમાં વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૮૦ પૌંડ છે. જો દરેક સ્ટે તેની આસપાસની $\frac{૩}{૪}$ ચોરસ ફુટ જેટલી સપાટીને ટેકો આપે અને સ્ટેનાં છેદચિત્રનાં દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૫ ટનનો સ્ટ્રેસ હોય તો સ્ટેનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ?

$$\text{એક સ્ટે વડે ટેકવવામાં આવતું કુલ દબાણ} = ૮૦ \times \frac{૩}{૪} \times ૧૪૪$$

$$= ૮૬૪૦ \text{ પૌંડ.}$$

$$\text{સ્ટ્રેસ} = \frac{\text{કુલ દબાણ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}}$$

$$\therefore \text{ સ્ટેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ} = \frac{\text{કુલ દબાણ}}{\text{સ્ટ્રેસ}}$$

$$= \frac{૮૬૪૦}{૫ \times ૨૨૪૦} = ૭\frac{૭}{૫} \text{ ચોરસ ઇંચ}$$

$$D^૨ = \frac{\text{ક્ષેત્રફળ}}{\cdot ૭૮૫૪} = \frac{૨૭}{૩૫ \times \cdot ૭૮૫૪} = \cdot ૯૮૧૯$$

$$D = \sqrt{\cdot ૯૮૧૯} = \underline{\cdot ૯૯ \text{ ઇંચ}}$$

સ્વાગ્રહ સીમા એટલે ઇલેસ્ટીક લીમીટ સુધીમાં સળીયાને ખેંચવામાં તથા દબાવવામાં થતું કામ અથવા રીઝીલીએન્સ.—જ્યારે એક સળીયા ઉપર ખેંચાણ અથવા દબાણ વડે સ્વાગ્રહ સીમા સુધીમાં જોર (સ્ટ્રેન) આવે છે, ત્યારે તે સળીયાને ખેંચવામાં અથવા દબાવવામાં જે કામ થાય છે તે સ્ટ્રેન ઉત્પન્ન કરનારાં સરેરાશ સ્ટ્રેસને લંબાઇમાં થતા વધારા અથવા ઘટાડા વડે ગુણવાથી જે કામ આવે છે તેની બરાબર છે. જ્યારે સ્વાગ્રહ સીમા સુધી સ્ટ્રેસ બરાબર આવી પહોંચે છે તે વેળાએ આ પ્રમાણે થતાં કામને "રીઝીલીએન્સ" (Resilience) કહેવામાં આવે છે.

ધારો કે, W = સળીયા ઉપર ધીમે ધીમે લાગુ પાડવામાં આવતો લોડ (ખેંચાણ અથવા ધક્કો) પૌંડમાં.

L = સળીયાની લંબાઈ ઇંચમાં.

A = સળીયાનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ઇંચમાં.

l = લોડ Wને લીધે સળીયાની લંબાઇમાં થતો વધારો અથવા ઘટાડો ઇંચમાં.

f = સ્વાગ્રહ સીમા જ્યારે આવી પહોંચે તે વેળાએ સળીયા ઉપરનો સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ પૌંડમાં.

R = સળીયાનું રીઝીલીએન્સ.

(૧) જ્યારે લોડ ધીમે ધીમે લાગુ પાડવામાં આવે ત્યારે.–

જો લોડને સૂન્યથી ધીમે ધીમે W પૌંડ સુધી વધારવામાં આવે, તો સરેરાશ લોડ $= \frac{W}{૨}$ થશે, અને થયલું કામ અથવા

રીઝીલીએન્સ $R = \frac{W}{૨} \times l$ ઈંચ–પૌંડ.

$$\text{સ્ટ્રેસ} = f = \frac{W}{A}$$

પણ સ્થાગ્રહ સીમાએ, સ્ટ્રેન $= \frac{f}{E}$, જે $\frac{l}{L}$ની બરાબર છે.

$$\therefore \frac{f}{E} = \frac{l}{L}$$

$$\therefore l = \frac{fL}{E} = \frac{W}{A} \times \frac{L}{E}$$

અને $W = fA$

$$R = \frac{W}{૨} \times l$$

W અને lની ઉપર આવેલી કીંમત મુકતાં—

$$R = \frac{W}{૨} \times l = \frac{fA}{૨} \times \frac{fL}{E}$$

$$R = \frac{f^{૨}}{E} \times \frac{AL}{૨}$$

$$= \frac{f^{૨}}{E} \times \frac{\text{સળીયાનું વોલ્યુમ (ઘનમાપ)}}{૨} \text{ ઇંચ – પૌંડ.}$$

અથવા

$$R = \frac{W}{૨} \times l \text{ ઇંચ – પૌંડ.}$$

પણ $W = fA$

$$f = \mathrm{E} \times \text{સ્ટ્રેન} = \mathrm{E} \times \frac{l}{\mathrm{L}}$$

$$\therefore\ \mathrm{W} = \frac{\mathrm{EA}l}{\mathrm{L}}$$

$$\mathrm{R} = \frac{\mathrm{W}}{૨} \times l = \frac{\mathrm{EA}l}{૨\mathrm{L}} \times l$$

$$= \frac{\mathrm{EA}l^{૨}}{૨\mathrm{L}}$$

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{l}{\mathrm{L}} = \frac{f}{\mathrm{E}},\ \text{અને}\ \mathrm{E} = \frac{f\mathrm{L}}{l}$$

$$\therefore\ \mathrm{R} = \frac{\mathrm{EA}l}{૨} \times \frac{f}{\mathrm{E}}$$

$$= \frac{f\mathrm{L} \times \mathrm{A}l}{૨l} \times \frac{f}{\mathrm{E}}$$

$$= \frac{f^{૨}\mathrm{AL}}{૨\mathrm{E}}$$

$$= \frac{f^{૨}}{\mathrm{E}} \times \frac{\mathrm{AL}}{૨}$$

$$= \frac{f^{૨}}{\mathrm{E}} \times \frac{\text{સળીયાનું વોલ્યુમ (ઘનમાપ)}}{૨}$$

∴ સળીયાનાં દર ઘનફુટ વોલ્યુમ (ઘનમાપ) દીઠ તે ઉપર થતું શ્રમ અથવા રીઝીલીએન્સ $= \mathrm{R} = \frac{f^{૨}}{૨\mathrm{E}}$ ઇંચ – પૌંડ.

(૨) જ્યારે લોડને શરૂઆતની ગતિ વિના ઓચિંતો લાગુ પાડવામાં આવે ત્યારે.—ધારો કે, l = જ્યારે સળીયા ઉપર લોડ W (ખેંચાણ અથવા દબાણ)ને શરૂઆતની ગતિ વિના ઓચિંતો લાગુ પાડવામાં આવે ત્યારે સળીયાની લંબાઇમાં થતો વધારો અથવા ઘટાડો ઇંચમાં.

ત્યારે, આ બહારનાં લેાડ વડે થયલું કામ સળીયામાં એકઠાં થયલાં કામની બરાબર થવું જોઈએ.

ધારેા કે, P = સળીયામાં દર ચેારસ ઈંચ દીઠ ઉત્પન્ન થતું સૌથી વધુ (મેકસીમમ) સ્ટ્રેસ.

શરૂઆતમાં સળીયા ઉપર સ્ટ્રેસ શૂન્ય હેાય છે, માટે સરેરાશ સ્ટ્રેસ $= \frac{P}{૨}$ છે.

ત્યારે, સળીયા ઉપર થયલું કામ $= \frac{Pl}{૨} = \frac{EAl^{૨}}{૨L}$,

અને બહારનાં લેાડ W વડે થયલું કામ = Wl.

$$\therefore \frac{Pl}{૨} = \frac{EAl^{૨}}{૨L} = Wl$$

અથવા P એ ૨ Wનાં પ્રમાણમાં છે, અને

$$E \times \frac{l}{L} = \frac{૨W}{A}$$

પરિણામે નિયંત અથવા સતત લેાડને શરૂઆતની ગતિ વિના એાચિંતેા લાગુ પડવાથી સળીયામાં ઉત્પન્ન થતાં સ્ટ્રેસનેા સૌથી વધુમાં વધુ જથ્થેા ખુદ લેાડ વડે ઉત્પન્ન થતાં સ્ટ્રેસથી બમણેા છે.

(૩) જ્યારે લેાડને શરૂઆતની ગતિ સાથે એાચિંતેા લાગુ પાડવામાં આવે ત્યારે.—ધારેા કે, W પૈાંડનાં વજનને સળીયા ઉપર h ઈંચની ઉંચાઈએથી પડવા દેવામાં આવે, ત્યારે સળીયામાં દર ચેારસ ઈંચ દીઠ ઉત્પન્ન થતું સૌથી વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ P પૈાંડ, અને લંબાઈમાં થતેા વધારેા અથવા ઘટાડેા l ઈંચ છે.

પડતાં વજન વડે થતું કામ = W $(h + l)$ = સળીયામાં એકઠી થયલી શક્તિ.

તેટલા માટે, $\frac{Pl}{૨} = \frac{EAl^{૨}}{૨L} = W(h + l)$.

દાખલો ૨૩.—૬ ફુટ લાંબા અને ૨ ઇંચ વ્યાસના એક સ્ટીલના ટાઇ–બાર ઉપર ૨૦ ટનનો લોડ લાગુ પાડવાથી સ્વાગ્રહ સીમા પહોંચે છે, જો મોડયુલસ ઓફ઼ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૦,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય તો તે ટાઇ–બારનું રીઝીલીએન્સ શોધો ?

$$f = \frac{W}{A} = \frac{\text{૨૦} \times \text{૨૨૪૦}}{\text{૨} \times \text{૨} \times \text{·૭૮૫૪}} = \text{૧૪૨૬૦ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}$$

$$\text{રીઝીલીએન્સ } R = \frac{f^2}{E} \times \frac{\text{વોલ્યુમ}}{\text{૨}}$$

$$= \frac{\text{૧૪૨૬૦}^2}{\text{૩૦૦૦૦૦૦૦}} \times \frac{\text{૨} \times \text{૨} \times \text{·૭૮૫૪} \times \text{૬} \times \text{૧૨}}{\text{૨}}$$

$$= \frac{\text{૧૪૨૬૦} \times \text{૧૪૨૬૦} \times \text{૨} \times \text{૨} \times \text{·૭૮૫૪} \times \text{૬} \times \text{૧૨}}{\text{૩૦૦૦૦૦૦૦} \times \text{૨}}$$

$$= \underline{\text{૭૬૬·૬૦૪ ઇંચ–પૌંડ}}$$

દાખલો ૨૪.—એક સ્ટીલનો તાર જેનો વ્યાસ ·૦૮ ઇંચ છે અને લંબાઇ ૫૦ ફુટ છે તે ઉપર ૧૧૨ પૌંડના લોડ વડે ખેંચાણ આવે છે, તો (૧) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ સ્ટ્રેસ શોધો, (૨) સ્ટ્રેન શોધો, (૩) લંબાઇમાં થતો વધારો ઇંચમાં શોધો, અને (૪) સ્ટ્રેન ઉત્પન્ન કરવામાં તે તાર ઉપર થતું કામ અથવા રીઝીલીએન્સ શોધો ? E = દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૦૦૦૦૦૦૦ પૌંડ છે.

$$\text{દર ચો. ઇંચ દીઠ સ્ટ્રેસ} = \frac{W}{A} = \frac{\text{૧૧૨}}{\text{·૦૮} \times \text{·૦૮} \times \text{·૭૮૫૪}}$$

$$= \underline{\text{૨૨૨૮૨}} \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ (૧)}$$

$$E = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{\text{સ્ટ્રેન}}$$

$$\therefore \text{ સ્ટ્રેન} = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{E} = \frac{\text{૨૨૨૮૨}}{\text{૩૦૦૦૦૦૦૦}}$$

$$= \underline{\text{·૦૦૦૭૪૨૭}} \text{ (૨)}$$

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઇમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઇ}}$$

$\therefore$ લંબાઇમાં વધારો = સ્ટ્રેન × મૂળ લંબાઈ

= ·૦૦૦૭૪૨૭ × ૫૦ × ૧૨

= <u>·૪૪૫૬ ઇંચ</u> (૩)

$$\text{રીઝીલીએન્સ } R = \frac{f^2}{E} \times \frac{\text{વોલ્યુમ}}{૨}$$

$$= \frac{૨૨૨૮૨^2}{૩૦૦૦૦૦૦૦} \times \frac{·૦૮ \times ·૦૮ \times ·૭૮૫૪ \times ૫૦ \times ૧૨}{૨}$$

$$= \frac{૨૨૨૮૨ \times ૨૨૨૮૨ \times ·૦૮ \times ·૦૮ \times ·૭૮૫૪ \times ૫૦ \times ૧૨}{૩૦૦૦૦૦૦૦ \times ૨}$$

= <u>૨૪·૯૫૬ ઇંચ–પોંડ</u>

દાખલો ૨૫.—૨૦ ફુટ લાંબા અને ૧ ઇંચ વ્યાસના સ્ટીલના ગોળ સળીયા ઉપર કેટલા ટનનો ખેંચાણનો લોડ ઓચિંતો લાગુ પાડવો જોઇએ કે જેથી તે સળીયાની લંબાઇમાં ·૧ ઇંચ જેટલો તાત્કાલિક વધારો થાય. મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૩૦૦૦ ટન છે.

શરૂઆતમાં સળીયા ઉપર ખેંચાણનું જોર સૂન્ય હોય છે, માટે

$$\text{ખેંચાણનો સરેરાશ લોડ} = \frac{W}{૨} = \frac{fA}{૨},$$

$$\text{પણ, } f = E \times \text{સ્ટ્રેન} = E \times \frac{l}{L}$$

$$\therefore \text{ ખેંચાણનો લોડ} = \frac{EAl}{૨L}$$

$$= \frac{૧૩૦૦૦ \times ૧ \times ૧ \times ·૭૮૫૪ \times ·૧}{૨ \times ૨૦ \times ૧૨}$$

= <u>૨·૧૨ ટન</u>

દાખલો ૨૬.—૧૦ ફુટ લાંબા અને ૧ ઇંચ વ્યાસના સ્ટીલના સળીયા ઉપર ૧ ફુટની ઉંચાઇએથી કેટલું વધુમાં વધુ વજન નાંખી શકાય? મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૩૦૦૦ ટન છે, અને લીમીટ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી (સ્થાગ્રહ સીમા) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૮ ટન છે. વળી આ પ્રમાણે વજન નાંખવાથી સળીયાની લંબાઇમાં થતો ફેરફાર શોધો?

$$f = \frac{El}{L}$$

$$૧૮ = \frac{૧૩૦૦૦ \times l}{૧૦ \times ૧૨}$$

$$\text{લંબાઇમાં વધારો} = l = \frac{૧૮ \times ૧૦ \times ૧૨}{૧૩૦૦૦} = \underline{\cdot૧૬ \text{ ઇંચ}}$$

$$\frac{f A l}{૨} = W\ (h + l)$$

$$\therefore W = \frac{f A l}{૨ (h + l)}$$

$$= \frac{૧૮ \times ૨૨૪૦ \times ૧ \times ૧ \times \cdot૭૮૫૪ \times \cdot૧૬}{૨\ (૧૨ + \cdot૧૬)} = \underline{૨૦૯ \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૨૭.—જો સ્ટીલનું મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૨,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય, તો $\frac{૩}{૪}$ ઇંચ વ્યાસનો અને ૨૫ ફુટ લાંબો એક સ્ટીલનો સળીયા ૧૦ ટનના લોડ વડે કેટલો લંબાશે? જો તેની સ્થાગ્રહ સીમા (ઇલેસ્ટીક લીમીટ) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૧ ટન હોય, તો તેનું રીઝીલીએન્સ કેટલું હશે?

$$\text{સ્ટ્રેસ} = \frac{W}{A} = \frac{૧૦ \times ૨૨૪૦}{\cdot૭૫ \times \cdot૭૫ \times \cdot૭૮૫૪}$$

$$= ૫૦૭૦૩\cdot૧ \text{ પૌંડ.}$$

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{E} = \frac{૫૦૭૦૩\cdot૧}{૩૨૦૦૦૦૦૦}$$

$$= \cdot૦૦૧૫૮૪$$

લંબાઈમાં વધારો = સ્ટ્રેન × મૂળ લંબાઈ

$$= \cdot ૦૦૧૫૮૪ \times ૨૫ \times ૧૨ = \underline{\cdot ૪૭૫૨ \text{ ઇંચ}}$$

$$\text{રીઝીલીએન્સ} = \frac{f^{૨}}{E} \times \frac{\text{સળીયાનું વોલ્યુમ}}{૨}$$

$$= \frac{૨૧ \times ૨૨૪૦ \times ૨૧ \times ૨૨૪૦ \times \cdot ૭૫ \times \cdot ૭૫ \times \cdot ૭૮૫૪ \times ૨૫ \times ૧૨}{૩૨૦૦૦૦૦૦ \times ૨}$$

$$= \underline{૪૫૮૨ \cdot ૩૨ \text{ ઇંચ–પૌંડ}}$$

દાખલો ૨૮.—એક લોખંડનો સળીયો જેનો વ્યાસ ૧ ઇંચ અને લંબાઈ ૧૨ ફુટ છે તે તેને છેડે લટકાવેલાં ૬ ટનનાં વજનથી $\frac{૩}{૩૨}$ ઇંચ લંબાય છે, તો સ્ટ્રેસ, સ્ટ્રેન અને મોડ્યુલસ ઓફ ઈલેસ્ટીસીટી શોધો ? જો તેની સ્વાગ્રહ સીમા (લીમીટ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૩ ટન હોય તો તેનું રીઝીલીએન્સ શોધો ?

$$\text{સ્ટ્રેસ} = \frac{\text{લોડ}}{\text{ક્ષેત્રફળ}}$$

$$= \frac{૬ \times ૨૨૪૦}{૧ \times ૧ \times \cdot ૭૮૫૪} = \underline{૧૭૧૧૨ \cdot ૩ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ}}$$

$$\text{સ્ટ્રેન} = \frac{\text{લંબાઇમાં વધારો}}{\text{મૂળ લંબાઇ}}$$

$$= \frac{૩}{૩૨ \times ૧૨ \times ૧૨} = \underline{\cdot ૦૦૦૬૫}$$

$$\text{મોડ્યુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી} = E = \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{\text{સ્ટ્રેન}}$$

$$= \frac{૧૭૧૧૨ \cdot ૩}{\cdot ૦૦૦૬૫}$$

$$= \frac{૨૬૩૨૬૬૧૫ \text{ પૌંડ}}{\text{દર ચો. ઇંચ દીઠ.}}$$

$$\text{રીઝીલીએન્સ} = \frac{f^{૨}}{E} \times \frac{\text{સળીયાનું વોલ્યુમ}}{૨}$$

$$= \frac{૧૩ \times ૨૨૪૦ \times ૧૩ \times ૨૨૪૦ \times .૭૮૫૪ \times ૧૨ \times ૧૨}{૨૬૩૨૬૬૧૫ \times ૨}$$

= <u>૧૮૨૧.૪ ઇંચ–પૌંડ</u>

દાખલો ૨૯.—નરમ પોલાદનો એક પાટો ૨ ઇંચ પહોળો, $\frac{૧}{૨}$ ઇંચ જાડો અને ૧૦ ઇંચ લાંબો છે. જો યંગ્સ મોડ્યુલસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૨૫૦૦ ટન હોય, તો જ્યારે તે સળીયા ઉપર ૧૦ ટનનો લોડ લાગુ પાડવામાં આવે ત્યારે તે કેટલો લંબાશે તે શોધો, અને તે વેળાએ તે સળીયામાં કેટલું કામ એકઠું થાય છે તે શોધો?

છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ $= ૨ \times \frac{૧}{૨} = ૧$ ચો. ઇંચ

સ્ટ્રેસ $= \frac{૧૦ \times ૨૨૪૦}{૧} = ૨૨૪૦૦$ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.

સ્ટ્રેન $= \frac{\text{સ્ટ્રેસ}}{E} = \frac{૨૨૪૦૦}{૧૨૫૦૦ \times ૨૨૪૦} = \frac{૧}{૧૨૫૦}$

લંબાઈમાં વધારો = સ્ટ્રેન × મૂળ લંબાઈ

$= \frac{૧ \times ૧૦}{૧૨૫૦} = \frac{૧}{૧૨૫} = .૦૦૮$ ઇંચ.

શરૂઆતમાં લોડ શૂન્ય છે, અને અંતે ૧૦ ટન છે,

∴ સરેરાશ લોડ $= \frac{૦ + ૧૦}{૨} = ૫$ ટન.

સળીયામાં એકઠું થયલું કામ = સરેરાશ લોડ × લંબાઈમાં વધારો

$= ૫ \times ૨૨૪૦ \times .૦૦૮ =$ <u>૮૯.૬ ઇંચ–પૌંડ.</u>

એક્સરસાઇઝ ૫મી.

૧. એક ટાઈ-બાર જે ૪ ઇંચ પહોળો અને $\frac{૩}{૪}$ ઇંચ જાડો છે તે ઉપર ૭ ટનનો ખેંચાણનો લોડ પડે છે, તો ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ શોધો? જો તે બાર ઉપર ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૫ ટનથી વધુ લઇ ન શકાય, તો તે બાર માટેનો સલામતી સાથે લઈ શકાતો લોડ શોધો?

૨. એક ગોળ સળીયા ઉપર ૧૫ ટનનો ખેંચાણનો લોડ લેવાનો છે. જો સલામતી સાથે લઈ શકાતો સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬ ટન હોય, તો સળીયાનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ?

૩. એક ટુંકા પોકળ બીડના સ્થંભનો બહારનો વ્યાસ ૬ ઇંચ અને અંદરનો વ્યાસ ૪$\frac{૧}{૨}$ ઇંચ છે. જો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭ ટનનો સ્ટ્રેસ તે ઉપર લેવા દેવામાં આવે તો તે ઉપર સલામતી સાથે મુકી શકાતો લોડ શોધો ?

૪. એક લોખંડનો સળીયો જેનો વ્યાસ ૧$\frac{૧}{૪}$ ઇંચ અને લંબાઈ ૧૦ ફુટ છે તે ૧૫ ટનના લોડ વડે $\frac{૩}{૧૬}$ ઇંચ લંબાય છે, તો સ્ટ્રેસ, સ્ટ્રેન, અને મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી શોધો ?

૫. એક બીડનો સ્થંભ -·૦૦૨ સ્ટ્રેન ખમી શકે છે. જો તેની મૂળ ઉંચાઇ ૧૫ ફુટ હોય તો તેની ફેરવાયલી ઉંચાઇ શોધો ?

૬. ૨ ઇંચ વ્યાસનો એક ઘડતર લોઢાનો સળીયો ૭૦ ટનનાં વજન વડે તૂટી જાય છે તો બ્રેકીંગ સ્ટ્રેસ શોધો ?

૭. ૯ ઇંચ લાંબા, ૪ ઇંચ પહોળા અને $\frac{૧}{૪}$ ઇંચ જાડા પ્લેટના ટુકડાને ટેસ્ટીંગ મશીન ઉપર તેની લંબાઇની દિશામાં ટેસ્ટ કરવામાં આવતાં તે ૭૨ ટનના લોડથી તૂટી જાય છે, તો તેનો બ્રેકીંગ સ્ટ્રેસ શોધો ?

૮. એક સળીયો જેનું છેદચિત્ર $\frac{૧}{૨}$ ઇંચ સમચોરસ છે અને લંબાઇ ૮૦ ફુટ છે તે ઉપર જ્યારે અમુક ખેંચાણ લાગુ પાડવામાં આવ્યું ત્યારે તે ·૪ ઇંચ જેટલો લંબાયલો માલમ પડ્યો છે, તો સ્ટ્રેન શોધો ? ધારો કે લાગુ પાડવામાં આવેલું ખેંચાણ ૩૦૦૦ પૌંડ હોય તો યંગ્સ મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી શોધો ?

૯. ધારો કે ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩ ટનથી વધવું ન જોઇએ, તો ગોળ ટાઇ-રોડ જે ઉપર ૧૮ હંડ્રેડવેટનું ખેંચાણ આવે છે તેનો વ્યાસ શોધો ?

૧૦. એક સ્થંભ જેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૧૨ ચોરસ ઇંચ છે અને ઉંચાઇ ૨૦ ફુટ છે તે ઉપર જ્યારે ૩૬ ટનનો લોડ પડે ત્યારે તેની લંબાઇમાં કેટલો ઘટાડો થશે ? મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૯,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ છે.

૧૧. ૮૦ ફુટ લાંબા અને ·૧૫ ઇંચ વ્યાસના લોખંડના તારને ·૦૦૫ ઇંચ જેટલો લંબાવવા માટે તે ઉપર કેટલું વજન લટકાવવું જોઇશે ? મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૯,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ છે.

૧૨. એક લોખંડનો ટાઇ–બાર ૬૦ ફુટ લાંબો છે અને તેનું છેદચિત્ર ૪″ × $\frac{1}{2}$″ છે, તો તે ઉપર વધુમાં વધુ કેટલો લોડ લાગુ પાડી શકાય કે જેથી તેની લંબાઇમાં થતો વધારો $\frac{1}{8}$ ઇંચથી વધુ થાય નહીં. મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૯,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ છે.

૧૩. એક ટાઇ–રોડ જેનો વ્યાસ ૧·૫ ઇંચ, અને લંબાઈ ૩૫ ફુટ છે તે ઉપર ૧૦૦૦૦ પૌંડનું ખેંચાણ આવે છે અને તેથી તેની લંબાઇમાં ·૧૨ ઇંચનો વધારો થાય છે, તો સ્ટ્રેસ, સ્ટ્રેન, અને મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી શોધો ?

૧૪. એક બોયલરમાંના સ્ટેનો વ્યાસ ૧$\frac{1}{2}$ ઇંચ છે અને તેમને મધ્યથી મધ્ય સુધી એકકથી ૧૫ ઇંચ દુર બેસાડેલા છે. જો સ્ટેનાં છેદચિત્રનાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪૮૦૦ પૌંડનું સ્ટ્રેસ લેવા દેવામાં આવે તો બોયલરમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલા પૌંડનું દબાણ લેવું જોઇએ ?

૧૫. એક બોયલરમાં વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૦૦ પૌંડ છે. દરેક સ્ટે (stay) ૧ ચોરસ ફુટ જેટલી સપાટીને ટેકો આપે છે અને સ્ટેનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઇંચ દીઠ સ્ટ્રેસ ૩ ટન લેવાનું છે, તો સ્ટેનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઇએ ?

૧૬. એક કનેકટીંગ રોડનો વ્યાસ ૯ ઇંચ છે અને તેને ટેપર ટર્ન કરી તેનો સૌથી ઓછામાં ઓછો વ્યાસ ૮ ઇંચ કરેલો છે. રોડનાં છેદચિત્રનાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ સલામતી સાથે કાર્ય કરતું સ્ટ્રેસ ૫૦૦૦ પૌંડ છે. પીસ્તનનો વ્યાસ ૭૫ ઇંચ છે, તો જડત્વ અને રોડનું ત્રાંસાપણું ધ્યાનમાં ન લેતાં પીસ્તન ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલા પૌંડનું દબાણ લઈ શકાશે?

૧૭. ૩ ઇંચ વ્યાસનાં નક્કર બીડનાં કાસ્ટીંગ (ઓતકામ)ને ૩૫૦ ટનનાં વજન વડે કચડી નાંખવામાં આવે છે, તો આ જાતનાં બીડનું કચડી નાંખવાનું જોર (ક્રશીંગ સ્ટ્રેંગ્થ) કેટલું હશે?

૧૮. નક્કર બીડના ચાર ઉભા સ્થંભો જે દરેક ૫ ઇંચ સમ-ચોરસ છે તે ઉપર ૫૬ ટનનાં વજનની એક ટાંકી ટેકવેલી છે, જે ટાંકીનાં અંદરનાં માપો ૧૨ ફુટ લંબાઈ, ૮ ફુટ પહોળાઇ, અને ૬ ફુટ ઉંડાઇ છે. તો જ્યારે તે ટાંકી મીઠાં પાણીથી પોણી ભરેલી હોય ત્યારે આ સ્થંભો ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલું સ્ટ્રેસ આવશે તે શોધો?

૧૯. ૨$\frac{1}{2}$ ઇંચ વ્યાસના એક બોલ્ટ ઉપર ૩૦ ટનનો ખેંચાણનો (ટેન્સાઇલ) લોડ છે, તો સ્ટ્રેસ શોધો? જો યંગ્સ મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩,૦૦,૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય, તો સ્ટ્રેન શોધો? જ્યારે તે બોલ્ટ ઉપર લોડ લાગુ પાડવામાં આવ્યો ન હોય ત્યારે તેની લંબાઇ ૧૦૨ ઇંચ છે, તો તે બોલ્ટ લોડ લાગુ પાડ્યા પછી લંબાઈમાં કેટલો વધશે?

૨૦. એક પોલાદનો સળીયો જેનું છેદચિત્ર ૩ ઇંચ × $\frac{3}{4}$ ઇંચ છે અને લંબાઇ ૪૦ ફુટ છે તે ૨૦ ટનના લોડ વડે કેટલો લંબાશે?

૨૧. લોખંડનો એક ગોળ સળીયો જેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૨ ચોરસ ઇંચ છે અને લંબાઇ ૧૬ ફુટ છે તેને એક છેડેથી સજ્જડ પકડી બીજે છેડેથી અમુક જોર વડે ખેંચવામાં આવે છે જેથી તે લંબાઇમાં $\frac{1}{4}$ ઇંચ વધે છે. જો મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩,૦૦,૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય તો તે જોર શોધો?

૨૨. એક પદાર્થનું મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી એટલે શું? પોલાદનો એક ગોળ સળીયો જેનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે અને લંબાઇ ૧૨ ફુટ છે તેને ઉપલે છેડેથી સજ્જડ કરી નીચલે છેડે લોડ લાગુ પાડવામાં આવતાં તે ·૦૬ ઇંચ લંબાઇમાં વધે છે. જો મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩,૦૦,૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય તો લોડ શોધો?

૨૩. એક લોઢાંના ચોરસ સળીયાને ઉભો લટકાવવામાં આવ્યો છે, તો ૪૦ ટનનું લટકાવેલું વજન ખમી શકે તે માટે તે સળીયાનાં છેદચિત્રનું માપ નક્કી કરો. લોઢાંનું બ્રેકીંગ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૫ ટન છે.

૨૪. ઘડતર લોઢાંનો એક સળીયો જેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૨ ચોરસ ઇંચ છે અને લંબાઇ ૬ ફુટ છે તેને ઉપલે છેડેથી લટકાવી નીચલે છેડે ૮ ટનનું વજન લટકાવવામાં આવ્યું છે. જો ઘડતર લોઢાનું મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨,૯૦,૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય તો તે સળીયો લંબાઇમાં કેટલો વધશે તે શોધો?

૨૫. એક ટાઇ–રોડ જેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૩ ચોરસ ઇંચ છે અને લંબાઇ ૭૦ ફુટ છે તે ૩૬૦૦૦ પૌંડનાં ખેંચાણના લોડ વડે ¾ ઇંચ લંબાઇમાં વધે છે, તો આ સ્થિતિએ સ્ટ્રેસ, સ્ટ્રેન, અને મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી શોધો?

૨૬. સ્ટ્રેસ અને સ્ટ્રેન વિષે તમો શું સમજો છો? ૫૦ ફુટ લાંબો એક લોઢાંનો સળીયો સ્ટ્રેસની અસરથી ⅛ ઇંચ લંબાય છે, તો સ્ટ્રેન શોધો? જો તે સળીયાનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૨ ચોરસ ઇંચ હોય અને લોડ ૧૧૦૦૦ પૌંડ હોય, તો મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી શોધો?

૨૭. એક એર પમ્પનો બકેટ જેનો વ્યાસ ૨૪ ઇંચ છે તેનાં મથાળાંની બાજુ ઉપર વાતાવરણ ઉપરાંત દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૮ પૌંડનું દબાણ પડે છે અને બકેટને તળીયે ૨૫ ઇંચનું વેકયુમ છે; પમ્પ–રોડનો વ્યાસ ૩ ઇંચ છે, તો તે બકેટના ઉપલા સ્ટ્રોક દરમ્યાન પમ્પ–રોડમાં ઉત્પન્ન થતું સ્ટ્રેસ શોધો? જો પમ્પ–રોડ ૪ ફુટ લાંબો હોય અને મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૯૦,૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય, તો તે રોડ લંબાઇમાં કેટલો ખેંચાશે?

૨૮. એક ચોરસ ઈંચ છેદચિત્રનાં ક્ષેત્રફળવાળો એક ઘડતર લોઢાંનો સળીયો ૫૦૦૦૦ પૌંડનાં ખેંચાણનાં જોરથી તૂટી જાય છે, તો ૩૦ ટનનો લોડ ટેકવવા માટે ટાઇ-રોડનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ કેટલું રાખવું જોઇએ?

૨૯. એક ઘડતર લોઢાંના ટાઇ-બારનો વ્યાસ ૭/૮ ઇંચ છે અને લંબાઈ ૫૦ ફુટ છે. જો તેનું મોડ્યુલસ ઓફ્ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચો. ઈંચ દીઠ ૨,૮૦,૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય, તો તે ટાઇ-બારને •૦૨ ઇંચ લંબાવવા માટે તે ઉપર કેટલો લોડ લાગુ પાડવો જોઇએ? વળી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ સ્ટ્રેસ શોધો?

૩૦. એક ચપટો લોખંડનો પાટો જેનાં છેદચિત્રનું માપ ૨″ × ૩/૪″ છે અને લંબાઇ ૨૦ ફુટ છે તેને છેડે લટકાવેલાં ૮ ટનનાં વજન વડે તે ૧/૪ ઈંચ લંબાય છે, તો તે સળીયાનું સ્ટ્રેસ, સ્ટ્રેન, અને મોડ્યુલસ ઓફ્ ઇલેસ્ટીસીટી શોધો?

૩૧. ૮ ફુટ લાંબા અને ૧/૧૬ ચોરસ ઈંચ છેદચિત્રના એક તારના ટુકડાને ઉભો લટકાવી તેને નીચલે છેડે ૩૦૦ પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવતાં તે •૦૨ ઇંચ જેટલો લંબાય છે, તો સ્ટ્રેસ, સ્ટ્રેન, અને મોડ્યુલસ ઓફ્ ઇલેસ્ટીસીટી શોધો?

૩૨. માઇલ્ડ સ્ટીલનો એક ચપટો પાટો જે ૩ ઇંચ પહોળો, ૧/૨ ઇંચ જાડો અને ૮ ફુટ લાંબો છે તે ઉપર જ્યારે ૧૫ ટનનો લોડ લાગુ પાડવામાં આવે ત્યારે તે કેટલો લંબાશે તે શોધો, અને તે વેળાએ તે સળીયામાં કેટલું કામ એકઠું થાય છે તે શોધો? યંગ્સ મોડ્યુલસ ઓફ્ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૩૦૦૦ ટન છે.

૩૩. એક પોકળ બીડનો સ્થંભ જેનો બહારનો વ્યાસ ૧૨ ઈંચ છે અને ધાતુની જાડાઈ ૧ ૧/૪ ઇંચ છે તે ઉપર ૧૨૫ ટનનો લોડ છે, તો તેની ધાતુમાં કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેસ (દબાણનું જોર) કેટલું હશે? જો તે સ્થંભની ઉંચાઈ ૧૫ ફુટ હોય અને યંગ્સ મોડ્યુલસ ઓફ્ ઈલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૨,૫૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય, તો તે સ્થંભ કેટલો ટુંકો થશે?

૩૪. એક સ્ટીલનો તાર જેનો વ્યાસ ૧/૧૬ ઈંચ છે અને લંબાઈ ૬૦ ફુટ છે તે ઉપર ૨૦૦ પૌંડના લોડ વડે ખેંચાણનું જોર આવે છે.

જો સ્ટીલનું મોડયુલસ ઓફ ઈલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૦,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય તો (૧) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ સ્ટ્રેસ પૌંડમાં શોધો, (૨) તે તારની લંબાઈમાં થતો વધારો ઇંચમાં શોધો, (૩) સ્ટ્રેન શોધો, અને (૪) સ્ટ્રેન ઉત્પન્ન કરવામાં તે તાર ઉપર થતું કામ ઇંચ–પૌંડમાં શોધો ?

૩૫. જ્યારે એન્જીન ચાલુ હોય છે ત્યારે તે એન્જીનના પીસ્તન રોડ ઉપર વારાફરતી ખેંચાણ અને દબાણ આવે છે. પીસ્તન રોડ સ્ટીલનો બનાવેલો છે અને તેનો વ્યાસ ૩ ઇંચ છે. ખેંચાણનું અને દબાણનું જોર એ દરેક દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૯૦૦૦ પૌંડ છે. જ્યારે રોડ ઉપર કશું પણ જોર આવતું ન હોય એટલે એન્જીન બંધ હોય ત્યારે પીસ્તન રોડની મધ્યરેખા ઉપરનાં બે બિંદુઓ A અને B વચ્ચેનું અંતર ૩ ફુટ છે. જો મોડયુલસ ઓફ ઈલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૦,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ હોય તો (૧) પીસ્તન ઉપરનો કાર્યસાધક લોડ શોધો, (૨) બિંદુઓ A અને B વચ્ચેનાં સૌથી વધુમાં વધુ અને સૌથી ઓછામાં ઓછાં અંતર વચ્ચેનો તફાવત શોધો ?

૩૬. એક સમાન છેદચિત્રનો સળીયો જેનું વજન દર ઘન ઇંચ દીઠ •૨૮ પૌંડ છે અને મોડયુલસ ઓફ ઈલેસ્ટીસીટી દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૭,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ છે તેને જ્યારે એક છેડેથી ઉભો લટકાવવામાં આવે છે ત્યારે તેનાં પોતાનાં વજનને લીધે તેમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૪૦૦ પૌંડનું વધુમાં વધુ ખેંચાણનું જોર ઉત્પન્ન થાય છે, તો તે સળીયાની લંબાઈ શોધો, અને વળી ખેંચાણનાં જોરને લીધે તેની લંબાઈમાં થતો વધારો શોધો ?

૩૭. સ્ટીલના એક ટુકડો જે ઉપર ખેંચાણનું જોર આવે છે તેની સ્વાયત્ત સીમા દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૦,૦૦૦ પૌંડ છે અને મોડયુલસ આફ ઈલેસ્ટીસીટી દર ચો. ઇંચ દીઠ ૩૦,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ છે, તો તે ટુકડાના એક ઘનઇંચનું રીઝીલીએન્સ ફુટ–પૌંડમાં શોધો ?

૩૮. ૮ ફુટ લાંબા અને ૧ ઇંચ વ્યાસના સળીયા ઉપર ૪ ટનનું જોર ઓચિંતુ લાગુ પાડી તેને ખેંચાણમાં મુકવામાં આવે છે, તો ઉત્પન્ન થતું સૌથી વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ અને વધુમાં વધુ લંબાઈમાં થતો વધારો શોધો. મોડયુલસ ઓફ ઈલેસ્ટીસીટી ૩૦,૦૦૦,૦૦૦ પૌંડ છે.

પ્રકરણ ૬ઠ્ઠું

નળાકાર વાસણની શેલ પ્લેટનાં જોર. રીવેટ કરેલા સાંધાઓનાં જોર. સાંકળ ઉપરનું જોર. નક્કર અને પોકળ શાફ્ટનાં જોર.

બંધ નળાકાર વાસણની બહારની પ્લેટ એટલે શેલ (Shell) ઉપરનાં જોર (સ્ટ્રેસીસ).–અત્રે આપણે નળાકાર બોયલરનો દાખલો લઈશું. આ બોયલરની બહારની પ્લેટની જાડાઈ તેનાં બહારનાં માપો સાથે સરખાવતાં ઘણી ઓછી હોય છે. બોયલરોને ઘણું ખરૂં અંદરનાં વરાળનાં દબાણ સામે ટકી રહેવાનું હોય છે, અને તેથી પ્લેટોની ઉપર ખેંચ એટલે ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ આવે છે. બોયલરમાં તેની અંદરની સપાટી ઉપર દરેક જગ્યાએ વરાળનું દબાણ તે સપાટીને કાટખૂણે હોય છે.

ધારો કે, d = નળાકાર બોયલરનો વ્યાસ ઇંચમાં.

p = દર ચોરસ ઇંચ દીઠ વરાળનું દબાણ પૌંડમાં.

t = બોયલરની શેલ પ્લેટની જાડાઈ ઇંચમાં.

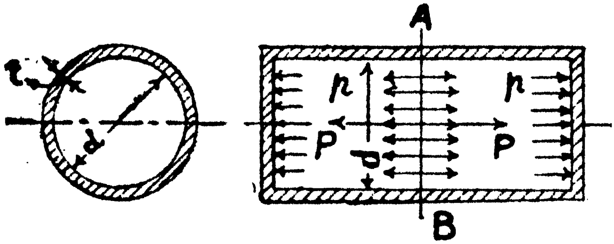
P = બોયલરના છેડા ઉપર પડતું કુલ દબાણ પૌંડમાં.

l = બોયલરની લંબાઈ ઇંચમાં.

બોયલરના છેડા ઉપર પડતું કુલ દબાણ = દર ચોરસ ઇંચ દીઠ વરાળનું દબાણ × બોયલરના છેડાની પ્લેટનું ક્ષેત્રફળ.

$\therefore P = p \times d^{2} \times$ ·૭૮૫૪.

તેટલા માટે બોયલરની નળાકાર ધાતુ ઉપર P બરાબરનાં ખેંચાણનાં જોર આવે છે.



આકૃતિ ૨૪. આકૃતિ ૨૫.

આકૃતિ ૨૪ અને ૨૫માં બંધ નળાકાર વાસણ અથવા બોયલરનાં જોરો બતાવ્યાં છે. આકૃતિ ૨૪ રેખા AB ઉપરનું છેદ ચિત્ર છે, અને આકૃતિ ૨૫ લંબાઈની દિશાનું છેદ ચિત્ર (longitudinal section) બતાવ્યું છે. કુલ દબાણ Pને લીધે કોઈ પણ છેદચિત્ર, જેવાંકે રેખા AB ઉપરનાં છેદચિત્ર, ઉપર ખેંચાણનું જોર આવશે. આ કુલ દબાણ Pને લીધે બોયલર પરિઘની દિશામાં એટલે બોયલરની મધ્યરેખાને કાટખૂણાની દિશામાં, કહોકે AB આગળ, તૂટી જવાનું વલણ કરશે, અને આ પ્રમાણે તૂટી જવાનાં વલણની સામે થતું AB આગળનાં છેદચિત્રનું ધાતુનું ક્ષેત્રફળ = શેલનો પરિઘ × તેની જાડાઈ = $d \times ૩{\cdot}૧૪૧૬ \times t$ છે. ત્યારે પરિઘની દિશામાં શેલ ઉપર આવતું ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ S નીચે પ્રમાણે શોધીશું—

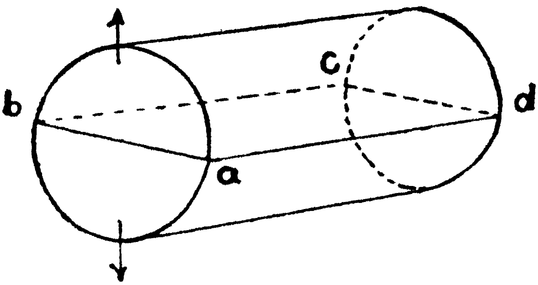
$$\text{સ્ટ્રેસ } S = \frac{\text{કુલ લોડ અથવા દબાણ}}{\text{ધાતુનું ક્ષેત્રફળ}}$$

$$= \frac{p \times d^{૨} \times {\cdot}૭૮૫૪}{d \times ૩{\cdot}૧૪૧૬ \times t}$$

$$= \frac{pd}{૪t}$$

બોયલરની લંબાઈનાં છેદચિત્ર (longitudinal section) ઉપર આવતું ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય—

એ તો દેખીતું છે કે અંદરનું દબાણ p બોયલરનાં શેલના અંદરના પરિધના દરેક ભાગ ઉપર મધ્યથી ત્રિજ્યાની દિશામાં કાર્ય



આકૃતિ ૨૯.

કરે છે; પણ જો આ જોરોને મધ્યરેષામાંથી પસાર થતાં આપેલાં ક્ષેત્ર, જેવાં કે, *abcd* ને લંબ અને સમાંતર કમ્પોનન્ટસ (components સાધનબળ)માં જુદાં પાડવામાં આવે, તો નળાને બે ભાગોમાં છુટા પાડવાનું વલણ કરતાં રીઝલ્ટન્ટ ફોર્સીસ (resultant forces લબ્ધ બળો) $p \times d \times l$ની બરાબર છે એમ દર્શાવી શકાય. જુઓ આકૃતિ ૨૯. *ad* અને *bc* રેખાએ તૂટી જવાનાં આ વલણની સામે થતું ધાતુનું ક્ષેત્રફળ $= (ad + bc)\ t = २l \times t$.

ત્યારે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ પ્લેટ ઉપર આવતું ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ S નીચે પ્રમાણે શોધીશું :—

$$\text{સ્ટ્રેસ } S = \frac{\text{કુલ લોડ અથવા દબાણ}}{\text{ધાતુનું ક્ષેત્રફળ}} = \frac{pdl}{२lt} = \frac{pd}{२t}$$

ઉપલાં પરિમાણો સરખાવતાં આપણને માલમ પડશે કે બોયલરને લંબાઈની દિશામાં તોડી નાખવાનું વલણ કરતાં કુલ દબાણને લીધે પ્લેટ ઉપર આવતું સ્ટ્રેસ પરિધની દિશામાં તોડી નાંખવાનું વલણ કરતાં કુલ દબાણને લીધે પ્લેટ ઉપર આવતાં સ્ટ્રેસથી બમણું છે. અને એજ કારણને લીધે બોયલરના પરિધના સાંધા કરતાં લંબાઈના સાંધા વધારે મજબુત બનાવવામાં આવે છે.

દાખલો ૧.—એક નળાકાર બોયલરનો વ્યાસ ૬ ફુટ અને લંબાઈ ૨૦ ફુટ છે, અને તેમાં વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૧૦૦ પૌંડ છે. શેલ પ્લેટની જાડાઈ $\frac{1}{2}$ ઇંચ છે, તો પ્લેટના પરિધની

દિશાનાં છેદચિત્ર ઉપર અને લંબાઈની દિશાનાં છેદચિત્ર ઉપર આવતાં સ્ટ્રેસ શોધો ?

બોયલરના છેડાની પ્લેટ ઉપર આવતું કુલ દબાણ $= p \times d^{૨} \times \cdot ૭૮૫૪$

પરિઘનાં છેદચિત્ર આગળનું પ્લેટનું ક્ષેત્રફળ $= d \times ૩\cdot ૧૪૧૬ \times t.$

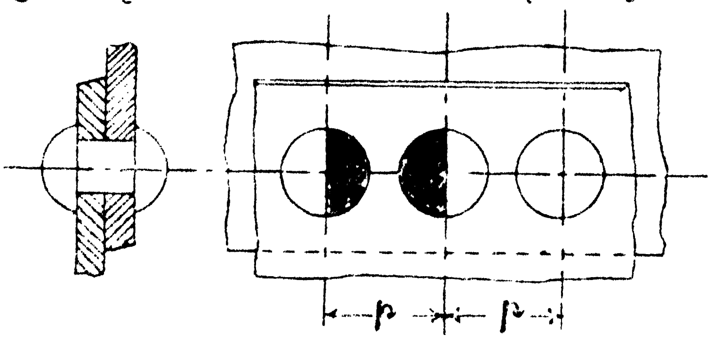
$\therefore$ પરિઘનાં છેદચિત્ર ઉપરનું સ્ટ્રેસ $= \dfrac{pd^{૨} \times \cdot ૭૮૫૪}{d \times ૩\cdot ૧૪૧૬ \times t} = \dfrac{pd}{૪t}$

$= \dfrac{૧૦૦ \times ૬ \times ૧૨}{૪ \times \cdot ૫}$ = **<u>૩૬૦૦ પૌંડ દર ચો. ઈંચ દીઠ.</u>**

લંબાઈનાં છેદચિત્ર ઉપરનું સ્ટ્રેસ $= \dfrac{pdl}{૨tl} = \dfrac{pd}{૨t} = \dfrac{૧૦૦ \times ૬ \times ૧૨}{૨ \times \cdot ૫}$

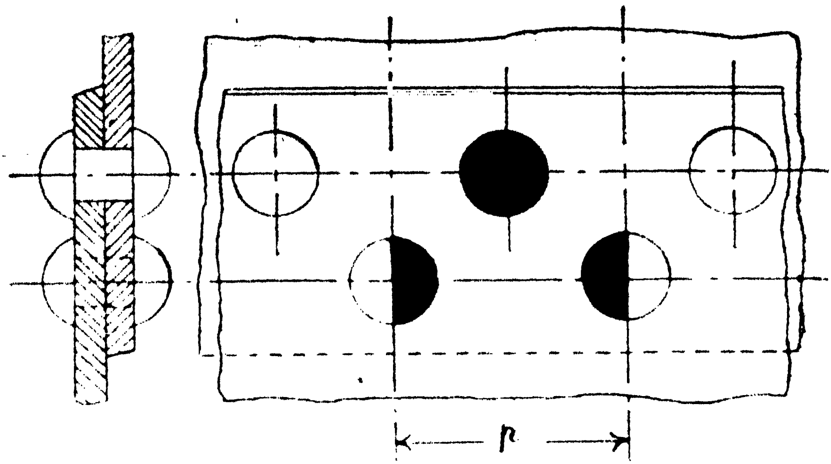
= <u>૭૨૦૦ પૌંડ દર ચો. ઈં. દીઠ.</u>

રીવેટ કરેલા સાંધાઓ એટલે રીવેટેડ જોઈન્ટસ (Riveted joints)નાં જોર.—બોયલરની પ્લેટસને રીવેટેડ જોઈન્ટસની મદદ વડે હંમેશ માટે જોડી શકાય છે. લેપ જોઈન્ટસ (lap joints)માં પ્લેટસની ધારોને એકેક ઉપર ચઢાવવામાં આવે છે અને તેમને રીવેટોની એક અથવા બે હારો વડે જોડવામાં આવે છે. જુઓ આકૃતિ ૨૭ અને ૨૮. બટ જોઈન્ટસ (Butt joints)માં



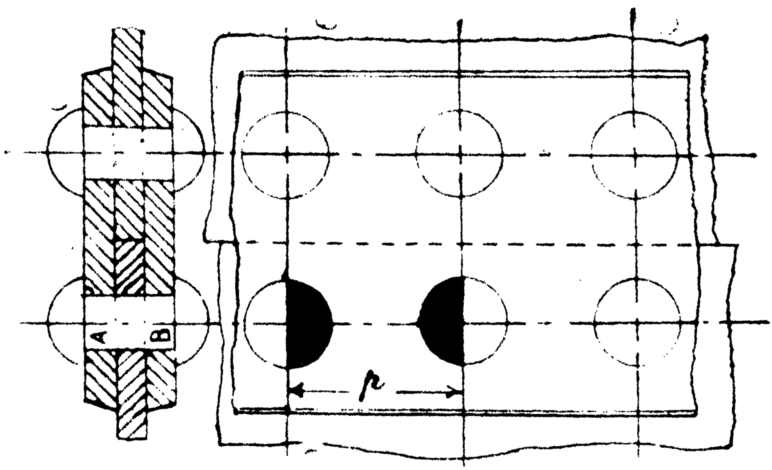
આકૃતિ ૨૭.

પ્લેટસની ધારને એકેક સાથે અથડાવી તે સાંધા ઉપર પ્લેટની બન્ને બાજુએ અથવા માત્ર એકજ બાજુએ કવર પ્લેટ (cover plate)



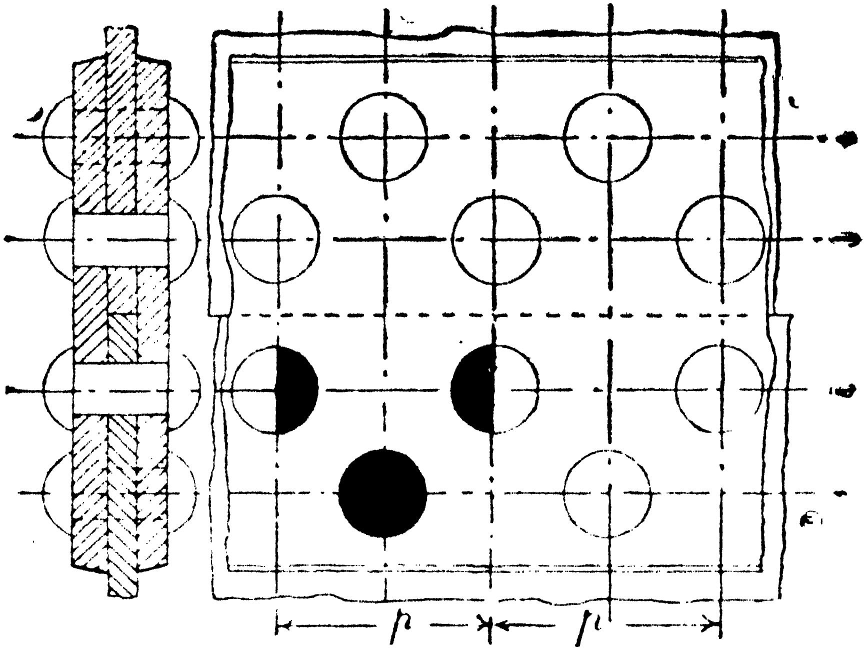
આકૃતિ ૨૮.

મૂકી સાંધાની દરેક બાજુએ રીવેટની એક અથવા બે હાર વડે જોડવામાં આવે છે. જુઓ આકૃતિ ૨૯ અને ૩૦.



આકૃતિ ૨૯.

સાંધાનું જોર મુખ્ય કરીને વર્કશોપ (કારખાના)માં સાંધા તૈયાર કરવાની રીત ઉપર આધાર રાખે છે, માટે આ રીતોનું ટુંક વર્ણન અત્રે અસ્થાને લેખાશે નહી.



આકૃતિ ૩૦.

પ્લેટોના વેહોમાં રીવેટોને મુકવા અગાઉ તેને લાલચોળ ગરમ કરવામાં આવે છે અને હાથની અથવા ન્યુમેટીક (pneumatic દબાવેલી હવા વડે ચાલતી) હથોડી વડે અથવા હાઇડ્રોલીક (hydraulic) દબાવેલાં પાણી વડે ચાલતાં) રીવેટીંગ મશીન વડે તેના છેડાઓ ફુલાવી માથું બનાવી સજ્જડ કરવામાં આવે છે. હાઇડ્રોલીક રીવેટીંગ મશીન વડે રીવેટને સજ્જડ કરવાની રીતમાં અતિશય દબાણ કરવામાં આવે છે તેથી જ્યારે રીવેટ ઉપર ફટકા પડી તેનું માથું તૈયાર થાય છે ત્યારે વેહ વધારે સારી રીતે રીવેટની ધાતુથી પુરાઈ જાય છે અને પ્લેટો વધારે મજબુતાઇથી સાથે પકડાય છે. કોઈપણ રીતમાં રીવેટો ઠંડા થવાથી તેની લંબાઈ સંકોચાય છે તેથી પ્લેટોને એકેકની નજદીક ખેંચી સાથે સજ્જડ કરવામાં ઘણી મદદ મળે છે, અને તેજ વેળાએ રીવેટો ઉપર અનિશ્ચિત હદે ખેંચાણનું જોર આવે છે.

રીવેટના વેહોને પંચ વડે અથવા ડ્રીલ વડે તૈયાર કરવામાં આવે છે. પંચ વડે વેહ તૈયાર કરવાની રીતમાં પ્લેટની ધાતુ ઉપર વેહની ફરતે અતિશય જોર આવવાથી ધાતુને નુકશાન પહોંચે છે. આ ખામી દુર કરવા માટે તે ભાગને એનીલ (anneal પ્લેટને લાલચોલ ગરમ કરી તેને બળેલા કોલસામાં ઢાંકી દઈને ધીમે ધીમે ઠંડી કરવાની રીતને "એનીલીંગ" annealing કહે છે) કરવામાં આવે છે, અથવા જોઈતા વ્યાસ કરતાં $\frac{1}{16}$ ઇંચ જેટલો નાનો વેહ પંચ વડે તૈયાર કરી રીમર વડે જોઈતાં માપનો વેહ મોટો કરી લેવામાં આવે છે, જેથી વેહની ફરતે જે ધાતુ ઉપર અતિશય જોર આવેલું હોય તે ધાતુ કપાઈને નીકળી જાય છે. વળી પંચ વડે વેહ તૈયાર કરવાની રીતમાં બીજો ગેરલાભ એ હોય છે કે પંચ વડે દરેક છુટી છુટી પ્લેટમાં વેહ પાડવામાં આવે છે, તેથી જ્યારે તે પ્લેટોને એકેકની ઉપર સાથે મુકવામાં આવે છે ત્યારે પ્લેટોના વેહો એકેકની બરાબર સામે આવી શકતા નથી. ડ્રીલ વડે પ્લેટોને એકેક ઉપર તેમનાં સ્થાને સાથે મુકી એકી વેળાએ વેહ પાડી શકાય છે. ડ્રીલ વડે વેહ પાડવાની આ રીત વધારે પસંદ કરવામાં આવે છે, કારણ કે એ રીત વડે મળતા વેહો પ્લેટમાં પાડી શકાય છે તેમજ પ્લેટની ધાતુને કશું પણ નુકશાન પહોંચતું નથી.

પંચ વડે વેહ પાડતી વેળા પ્લેટ ઉપર આવતું કાપવાનું જોર નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય:—

ધારો કે, P = જે જોર અથવા દબાણ વડે પંચને નીચે હડસેલવામાં આવે છે તે જોર અથવા દબાણ ટનમાં.

d = પંચ કરેલા વેહનો વ્યાસ ઇંચમાં.

t = પ્લેટની જાડાઈ ઇંચમાં.

જે ક્ષેત્રફળ ઉપર કાપી નાંખવાનું જોર આવે છે તે ક્ષેત્રફળ

$$= \text{વેહનો પરિઘ} \times t = \pi \times d \times t \text{ ચો. ઇંચ}$$

$$\therefore \text{ શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ એટલે કપાઈ જવાનું જોર} = \frac{P}{\pi d t} \text{ ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ.}$$

દાખલો ૨.—લોખંડનું શીઅરીંગ સ્ટ્રેંગ્થ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૦ ટન લેતાં $\frac{૫}{૮}$ ઇંચ જાડી લોખંડની પ્લેટમાં $\frac{૩}{૪}$ ઇંચ વ્યાસનો વેહ પંચ વડે પાડવામાં કેટલું જોર કરવું પડશે તે શોધો. વળી પંચ ઉપર કેટલું સ્ટ્રેસ આવશે તે શોધો.

$$\text{શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ} = \frac{P}{\pi d t}$$

$$\therefore P = \text{સ્ટ્રેસ} \times \pi d t$$

$$= ૨૦ \times ૩\cdot૧૪૧૬ \times \frac{૩}{૪} \times \frac{૫}{૮} = \underline{૨૯\cdot૪૫ \text{ ટન}}$$

$$\text{દર ચો. ઇંચ દીઠ પંચ ઉપર આવતું સ્ટ્રેસ} = \frac{P}{\text{પંચનું ક્ષેત્રફળ}}$$

$$= \frac{૨૯\cdot૪૫}{\cdot૭૫ \times \cdot૭૫ \times \cdot૭૮૫૪}$$

$$= ૬૬\cdot૬ \text{ ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ}$$

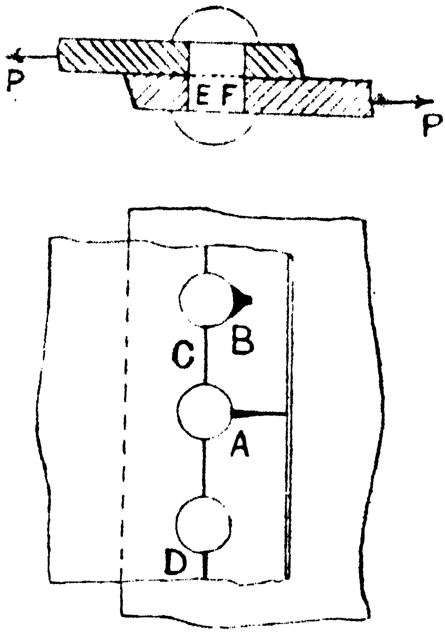
રીવેટ કરેલા સાંધાઓને એવી રીતે ગોજવા જોઈએ નહીં કે જેથી રીવેટો ઉપર ખેંચાણનું જોર આવે, કારણ કે રીવેટનાં માથાંઓ ખેંચાણ માટે ભરોસાપાત્ર હોતાં નથી. પ્લેટની દિશાએ ખેંચાણ અથવા દબાણનું જોર આવવું જોઈએ જેથી રીવેટો ઉપર કપાઈ જવાનું જોર આવે.

રીવેટ કરેલા સાંધાઓ તૂટી જવાની રીતો.—આ વર્ણવવા માટે આપણે રીવેટ કરેલા સાંધાનો સાદો આકાર, જેવો કે, સીંગલ રીવેટેડ લેપ જોઈન્ટ જે આકૃતિ ૩૧માં બતાવ્યો છે તે લઈશું. જ્યારે આ સાંધા ઉપર ખેંચાણનું જોર આવે છે ત્યારે તે નીચે પ્રમાણેની રીતોએ તૂટી જાય છે:—

(૧) પ્લેટોમાંની કોઈ પણ એક પ્લેટ રીવેટોની હારની મધ્યરેખા CD આગળ તૂટી જાય છે.

(૨) રીવેટો EF આગળ કપાઈ જાય છે.

(૩) રીવેટ અથવા પ્લેટની ધાતુ B આગળ કચડાઈ જાય છે. જ્યારે સાંધા ઉપર લોડ લેવામાં આવે છે ત્યારે રીવેટ વેહની નળાકાર



આકૃતિ ૩૧.

સપાટીના અર્ધ ભાગ ઉપર દબાણ કરે છે, જેથી કચડી નાંખવાનું જોર (crushing stress) ઉત્પન્ન થાય છે. આ જોર અથવા સ્ટ્રેસ રીવેટ ઉપરના લોડને વેહનાં આગળ નીકળેલાં ક્ષેત્રફળ (projected area) વડે ભાગવાથી શોધી શકાય છે. પ્રોજેક્ટેડ એરીઆ વેહનો વ્યાસ અને પ્લેટની જાડાઈનો ગુણાકાર કરવાથી મળે છે.

(૪) જો વેહ પ્લેટની બહારની ધારથી ઘણોજ નજદીક આવ્યો હોય ત્યારે તે ધાર અને રીવેટના વેહની વચ્ચે A આગળ પ્લેટ તૂટી જાય છે. આ પ્રમાણે થતું અટકાવવા માટે રીવેટના વેહનાં મધ્યથી પ્લેટની ધાર સુધીનું અંતર રીવેટના વ્યાસનાં ૧·૫ ગણાથી ઓછું હોવું જોઈએ નહી.

લેપ જોઈન્ટસ (Lap Joints).—લેપ જોઈન્ટસ સીંગલ અથવા ડબલ રીવેટેડ હોઈ શકે. રીવેટોની બે હાર કરતાં વધુ હાર ભાગ્યેજ વપરાય છે. રીવેટની હારની મધ્યરેખા ઉપર એક રીવેટના મધ્યથી તેની પાસેના બીજા રીવેટનાં મધ્ય સુધીનાં અંતરને "પીચ" (pitch) કહેવામાં આવે છે. પીચ બરાબરની પહોળાઈ જેટલો સાંધાનો કકડો લઈને સાંધાનું જોર (સ્ટ્રેંગ્થ) ગણી શકાય છે, કારણ કે આ ટુકડા માટેનાં જે પરિણામો મળે છે તે આખા સાંધા માટે ખરાં છે એમ માની લઈ શકાય.

ધારો કે, p = રીવેટના પીચ ઇંચમાં.

d = રીવેટનો વ્યાસ ઇંચમાં.
t = પ્લેટની જાડાઈ ઇંચમાં.
ft = પ્લેટનું અલ્ટીમેટ ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેંગ્થ દર ચો. ઇંચ દીઠ ટનમાં.
fs = રીવેટનું અલ્ટીમેટ શીઅરીંગ સ્ટ્રેંગ્થ દર ચો. ઇંચ દીઠ ટનમાં.
fc = જ્યારે સાંધો કચડાઈ જવાને લીધે તૂટી જવાની અણી ઉપર હોય ત્યારે પ્રોજેક્ટેડ એરીઆનાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ બેરીંગ સ્ટ્રેસ (bearing stress) અથવા ક્રશીંગ સ્ટ્રેસ (કચડી નાંખનારૂં જોર) ટનમાં.

ત્યારે, સીંગલ રીવેટેડ લેપ જોઇન્ટ માટે (જુઓ આકૃતિ ૨૭)—

ખેંચાણમાં આવતાં પ્લેટનાં છેદચિત્રનું ઓછામાં ઓછું ક્ષેત્રફળ = $(p - d) \times t$.

ચીરાઈ જવાની સામે થતો સાંધાનો અવરોધ = $ft\,(p - d)t$ ટન.

કપાઈ જતાં રીવેટનાં છેદ ચિત્રનું ક્ષેત્રફળ = $\cdot ૭૮૫૪\; d^2$

કપાઈ જવાની સામે થતો સાંધાનો અવરોધ = $fs \times \cdot ૭૮૫૪\; d^2$ ટન.

પ્રોજેક્ટેડ ક્ષેત્રફળ = $d \times t$

કચડાઈ જવાની સામે થતો સાંધાનો અવરોધ = $fc\; d\; t$ ટન.

જો સ્ટ્રેસીસ ft, fs, અને fc ની કીંમતો આપેલી હોય, તો ઉપર આપેલાં ત્રણે પરિણામો એક બીજાંની બરાબર હોવાંજ જોઇએ. આ ઉપરથી આપણને p અને d નક્કી કરવા માટેના બે નિયમો મળશે.

$$ft\,(p - d)\,t = fs \times \cdot ૭૮૫૪\; d^2 = fc\; d\; t.$$

$$fs \times \cdot ૭૮૫૪\; d^2 = fc\; d\; t$$

$$\therefore\; d = \frac{t}{\cdot ૭૮૫૪} \times \frac{fc}{fs}$$

$$= ૧\cdot ૨૭\; t \times \frac{fc}{fs}$$

રીવેટનો વ્યાસ નક્કી કરવા માટેનો વ્યવહારમાં વપરાતો નિયમ નીચે પ્રમાણે છે:-

$$d = ૧.૨ \sqrt{t}$$

$$\text{અથવા, } t = \frac{d^2}{૧.૪૪}$$

$$ft\,(p - d)\,t = fs \times .૭૮૫૪\, d^2$$

$$p - d = \frac{fs}{ft} \times \frac{.૭૮૫૪\, d^2}{t}$$

$$\therefore\ p = \left(\frac{.૭૮૫૪\, d^2}{t} \times \frac{fs}{ft}\right) + d$$

$$= \frac{.૭૮૫૪\, d^2\, fs}{t\, ft} + d$$

જો પ્લેટનું ચીરાઇ જવાનું જોર એટલે ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ રીવેટનાં કપાઇ જવાનાં જોર એટલે શીઅરીંગ સ્ટ્રેસની બરાબર હોય, તો પીચ નીચે પ્રમાણે પણ શોધી શકાશે:-

$$(p - d)\, t = .૭૮૫૪\, d^2$$

$$\text{પણ } t = \frac{d^2}{૧.૪૪} \text{ છે,}$$

$$\therefore\ (p - d) \times \frac{d^2}{૧.૪૪} = .૭૮૫૪\, d^2$$

$$p - d = \frac{.૭૮૫૪\, d^2 \times ૧.૪૪}{d^2}$$

$$p - d = ૧.૧૩$$

$$\therefore\ p = ૧.૧૩ + d.$$

ડબલ રીવીટેડ લેપ જોઇન્ટમાં પીચ જેટલી દરેક પહોળાઈ દીઠ જે છેદચિત્ર ઉપર કપાઈ જવાનું જોર આવે છે તે બે રીવેટોનાં છેદચિત્ર છે. જુઓ આકૃતિ ૨૮.

$$ft\,(p - d)\,t = fs \times .૭૮૫૪ d^2 \times ૨ = fc \times ૨dt$$

$$p - d = \frac{fs}{ft} = \frac{૧\cdot૫૭૧d^2}{t}$$

$$\therefore\ p = \left(\frac{૧\cdot૫૭૧d^2}{t} \times \frac{fs}{ft} \right) + d$$

$$= \frac{૧\cdot૫૭૧d^2 fs}{tft} + d$$

જો પ્લેટનું ચીરાઈ જવાનું જોર એટલે ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ રીવેટનાં કપાઈ જવાનાં જોર એટલે શીઅરીંગ સ્ટ્રેસની બરાબર હોય, તો

$$(p - d)\ t = \cdot૭૮૫૪d^2 \times ૨$$

પણ, $t = \frac{d^2}{૧\cdot૪૪}$ છે

$$\therefore\ (p - d) \times \frac{d^2}{૧\cdot૪૪} = ૧\cdot૫૭૧d^2$$

$$p - d = \frac{૧\cdot૫૭૧d^2 \times ૧\cdot૪૪}{d^2}$$

$$p - d = ૨\cdot૨૬$$

$$\therefore\ p = ૨\cdot૨૬ + d$$

જો પીચ જેટલી પહોળાઈમાં આવતા રીવેટની સંખ્યાને n વડે દર્શાવીએ, અને રીવેટનાં ક્ષેત્રફળને a વડે દર્શાવીએ, તો p અને d નક્કી કરવા માટેના નિયમ નીચે પ્રમાણે થશેઃ—

$$ft\ (p - d)\ t = fs \times an = fc \times ndt.$$

બટ જોઈન્ટસ (Butt Joints).—બટ જોઈન્ટસનાં જોર (સ્ટ્રેંગ્થ) પણ ઉપર પ્રમાણેની રીતિજ શોધી શકાશે. આકૃતિ ૨૯માં જોતાં જણાશે કે બે કવર પ્લેટ સાથે રીવેટો ડબલ શીઅરમાં છે એટલે રીવેટ કપાઈ જવાથી તૂટી જતા સાંધા માટે દરેક રીવેટ બે છેદચિત્ર A અને B આગળ કપાઈ જવાની સ્થિતિમાં છે. આ પ્રમાણે દરેક રીવેટનું કપાઈ જવાનું ક્ષેત્રફળ $= \cdot૭૮૫૪d^2 \times ૨$ છે.

આકૃતિ ૨૯માં દેખાડેલા સીંગલ રીવેટેડ બટ જોઈન્ટ માટે—

$$ft\ (p-d)\ t = fs \times \cdot ૭૮૫૪d^2 \times ૨$$

$$p - d = \frac{fs}{ft} \times \frac{૧\cdot૫૭૧d^2}{t}$$

$$\therefore p = \left(\frac{૧\cdot૫૭૧d^2}{t} \times \frac{fs}{ft}\right) + d$$

$$= \frac{૧\cdot૫૭૧d^2 fs}{t\,ft} + d$$

આકૃતિ ૩૦માં દેખાડેલા ડબલ રીવેટેડ બટ જોઈન્ટમા પીચ જેટલી પહોળાઈમાં બે રીવેટા છે, માટે

$$ft\ (p-d)\ t = fs \times \cdot ૭૮૫૪d^2 \times ૨ \times ૨$$

$$\therefore p - d = \frac{fs}{ft} \times \frac{\cdot૭૮૫૪d^2 \times ૪}{t}$$

$$\therefore p = \left(\frac{૩\cdot૧૪૨d^2}{t} \times \frac{fs}{ft}\right) + d$$

$$= \frac{૩\cdot૧૪૨d^2 fs}{t\,ft} + d$$

બોર્ડ ઓફ ટ્રેડના નિયમ પ્રમાણે તૈયાર કરેલા બોયલરના રીવેટેડ જોઈન્ટસ માટે જ્યારે રીવેટા ડબલ શીઅરમાં હોય છે એટલે બટ જોઈન્ટમાં બે કવર પ્લેટ વાપરવામાં આવી હોય ત્યારે તે રીવેટા માટે દરેક રીવેટ દીઠ માત્ર ૧$\frac{૩}{૪}$ ગણું રીવેટનું છેદચિત્ર લેવામાં આવે છે. બીજાં કામ માટેના એવીજ જાતના સાંધાઓ માટે ઘણું કરીને આ નિયમ ધ્યાનમાં લેવામાં આવતા નથી.

રીવેટેડ જોઇન્ટસનું કાર્યસાધકત્વ એટલે એફીશીઅન્સી.— નક્કર (વેહ વિનાની) પ્લેટનાં જોર સાથે સરખાવતાં સાંધાનાં ખરેખરાં જોરનાં પ્રમાણને રીવેટેડ જોઈન્ટની એફીશીઅન્સી એટલે કાર્યસાધકત્વ

કહેવામાં આવે છે. સાંધાની એફીશીઅન્સી (કાર્યસાધકત્વ) નક્કી કરવા માટે નક્કર પ્લેટનાં જોર સાથે સરખાવતાં ચીરાઈ જવાની સામે, કપાઈ જવાની સામે, અને કચડાઈ જવાની સામે થતાં સાંધાનાં જોરનાં પ્રમાણ પહેલાં જુદાં જુદાં શોધવામાં આવે છે, અને ત્યારબાદ સૌથી ઓછાં પ્રમાણને સાંધાની એફીશીઅન્સી તરીકે લેવામાં આવે છે.

ચીરાઈ જવાની સામે નડતો સાંધાનો અવરોધ $= (p-d)\, t \times ft.$

ચીરાઈ જવાની સામે નડતો નક્કર પ્લેટનો અવરોધ $= p \times t \times ft.$

$p \times t \times ft : (p-d) \times t \times ft :: 1 :$ એફીશીઅન્સી

∴ ચીરાઈ જવાની સામે થતાં જોર માટે સાંધાની એફીશીઅન્સી

$$= \frac{(p-d) \times t \times ft}{p \times t \times ft} = \frac{p-d}{p}$$

કપાઈ જવાની સામે નડતો સાંધાનો અવરોધ $= .7854 d^2 \times fs$

$p \times t \times ft : .7854 \times d^2 \times fs :: 1 :$ એફીશીઅન્સી.

∴ કપાઈ જવાની સામે થતાં જોર માટે સાંધાની એફીશીઅન્સી

$$= \frac{.7854 d^2}{p \times t} \times \frac{fs}{ft}$$

જો સાંધો ડબલ રીવેટેડ હોય તો એફીશીઅન્સી

$$= \frac{.7854 d^2 \times 2}{p \times t} \times \frac{fs}{ft}$$

જો પાચ જેટલી પહોળાઈમાં આવતા રીવેટની સંખ્યાને n વડે દર્શાવીએ, અને રીવેટનાં છેદચિત્રનાં ક્ષેત્રફળને a વડે દર્શાવીએ, તો

$$\text{એફીશીઅન્સી} = \frac{.7854 d^2 \times n}{p \times t} \times \frac{fs}{ft} = \frac{a \times n}{p \times t} \times \frac{fs}{ft}$$

કચડાઈ જવાની સામે નડતો સાંધાનો અવરોધ $= d \times t \times fc$

$p \times t \times ft : d \times t \times fc :: 1 :$ એફીશીઅન્સી.

∴ કચડાઈ જવાની સામે થતાં જોર માટે સાંધાની એફીશીઅન્સી

$$=\frac{d\times t\times fc}{p\times t\times ft}=\frac{d\times fc}{p\times ft}$$

જો સાંધો ડબલ રીવેટેડ હોય, તો એફીશીઅન્સી

$$=\frac{d\times t\times ૨\times fc}{p\times t\times ft}=\frac{૨d\times fc}{p\times ft}=\frac{n\times d}{p}\times\frac{fc}{ft}$$

ડબલ કવર–પ્લેટ સાથના બટ જોઈન્ટમાં રીવેટો ડબલ શીઅરમાં હોય છે, માટે દરેક રીવેટનું કપાઈ જવાનું ક્ષેત્રફળ $= a\times ૨$ છે.

તેટલા માટે ડબલ કવર–પ્લેટ સાથના બટ જોઈન્ટમાં કપાઈ જવાની સામે થતાં જોર માટે સાંધાની એફીશીઅન્સી

$$=\frac{a\times n\times ૨}{p\times t}\times\frac{fs}{ft}$$

બોર્ડ ઓફ ટ્રેડના નિયમ પ્રમાણે તૈયાર કરેલા બોયલરના ડબલ કવર–પ્લેટ સાથના બટ જોઈન્ટસ જેમાં રીવેટો ડબલ શીઅરમાં હોય છે તે માટે દરેક રીવેટ દીઠ બમણું રીવેટનું ક્ષેત્રફળ લેવાને બદલે દરેક રીવેટ દીઠ માત્ર ૧$\frac{૩}{૪}$ ગણું રીવેટનું ક્ષેત્રફળ લેવામાં આવે છે. ત્યારે

$$\text{એફીશીઅન્સી}=\frac{a\times n}{p\times t}\times ૧\tfrac{૩}{૪}\times\frac{fs}{ft}$$

દાખલો ૩.—એક સીંગલ રીવેટેડ લેપ જોઈન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ $\frac{૧}{૨}$ ઈંચ છે, તો તે માટે રીવેટનો વ્યાસ વ્યવહારમાં વપરાતા નિયમ વડે નક્કી કરો, અને શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસનાં ·૭૫ લઈ રીવેટોનો પીચ શોધો.

$$d=૧\cdot૨\sqrt{t}$$

$$=૧\cdot૨\sqrt{\cdot૫}$$

$$=\cdot૮૫ \text{ ઈંચ} = \underline{\tfrac{૭}{૮}\text{ ઈંચ}} \text{ લગભગ}$$

$$p=\frac{\cdot૭૮૫\times d^{૨}\times s}{t\times ft}+d$$

$$= \frac{\cdot ૭૮૫૪ \times ૭ \times ૭ \times \cdot ૭૫}{૮ \times ૮ \times \cdot ૫ \times ૧} + \frac{૭}{૮}$$

$$= \cdot ૯૦૧૬ + \frac{૭}{૮} = ૧\cdot ૭૭૭ \text{ ઇંચ} = ૧\frac{૩}{૪} \text{ ઇંચ લગભગ}$$

દાખલો ૪.—એક ડબલ રીવેટેટ લેપ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ $\frac{૯}{૧૬}$ ઇંચ છે, તો તે માટે રીવેટનો વ્યાસ નક્કી કરો, અને રીવેટોનો પીચ શોધો. પ્લેટનું ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન છે અને રીવેટનું શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૩ ટન છે.

$$d = ૧\cdot ૨\sqrt{t}$$

$$= ૧\cdot ૨\sqrt{\frac{૯}{૧૬}}$$

$$= ૧\cdot ૨ \times \cdot ૭૫ = \cdot ૯ \text{ ઇંચ} = \frac{૨૯}{૩૨} \text{ ઇંચ લગભગ}$$

$$p = \frac{૧\cdot ૫૭૧\, d^2 \times fs}{t \times ft} + d$$

$$= \frac{૧\cdot ૫૭૧ \times ૨૯ \times ૨૯ \times ૧૬ \times ૨૩}{૩૨ \times ૩૨ \times ૯ \times ૨૮} + \frac{૨૯}{૩૨}$$

$$= ૨\cdot ૭૯૨ \text{ ઇંચ} = ૨\frac{૩}{૪} \text{ ઇંચ લગભગ}$$

દાખલો ૫.—$\frac{૧}{૨}$ ઇંચ જાડી બે સ્ટીલની પ્લેટને જોડવા માટે બેવડી કવર-પ્લેટ સાથેનો સીંગલ રીવેટેડ બટ જોઇન્ટ વપરાયો છે. રીવેટનો વ્યાસ $\frac{૭}{૮}$ ઇંચ છે, તો રીવેટોનો પીચ શોધો. શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસનાં ·૮ છે

$$p = \frac{૧\cdot ૫૭૧ d^2 \times fs}{t \times ft} + d$$

$$= \frac{૧\cdot ૫૭૧ \times ૭ \times ૭ \times ૮ \times ૨}{૮ \times ૮ \times ૧ \times ૧૦} + \frac{૭}{૮}$$

$$= ૨\cdot ૭૯૯ \text{ ઇંચ} = ૨\frac{૩}{૪} \text{ ઇંચ લગભગ}$$

દાખલો ૬.—$\frac{૫}{૮}$ ઇંચ જાડી બે સ્ટીલની પ્લેટને જોડવા માટે બેવડી કવર-પ્લેટ સાથેનો ડબલ રીવેટેડ બટ જોઇન્ટ વપરાયો છે, તો તે માટે રીવેટનો વ્યાસ નક્કી કરી રીવેટોનો પીચ શોધો. પ્લેટનું

ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન છે, અને રીવેટનું શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૩ ટન છે.

$$d = ૧{\cdot}૨ \sqrt{t} = ૧{\cdot}૨ \sqrt{\frac{૫}{૮}} = ૧{\cdot}૨ \times {\cdot}૭૯$$

$$= {\cdot}૯૪૮ \text{ ઇંચ} = \frac{૬૧}{૬૪} \text{ ઇંચ લગભગ}$$

$$p = \frac{૩{\cdot}૧૪૨ d^2 \times fs}{t \times ft} + d$$

$$= \frac{૩{\cdot}૧૪૨ \times ૬૧ \times ૬૧ \times ૨૩ \times ૮}{૬૪ \times ૬૪ \times ૫ \times ૨૮} + \frac{૬૧}{૬૪}$$

$$= ૪{\cdot}૭ \text{ ઇંચ} = ૪\frac{૧૧}{૧૬} \text{ ઇંચ લગભગ}$$

દાખલો ૭.—એક સીંગલ રીવેટેડ લેપ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જાડાઇ $\frac{૭}{૧૬}$ ઇંચ છે, રીવેટનો વ્યાસ $\frac{૭}{૮}$ ઇંચ છે, અને પીચ ૨ ઇંચ છે, તો તે સાંધાની એફીશીઅન્સી ટકામાં નક્કી કરો. પ્લેટનું ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન છે, અને રીવેટનું શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૩ ટન છે. વળી જ્યારે સાંધો પ્લેટનાં ચીરાઇ જવાથી તૂટી જાય ત્યારે રીવેટો ઉપરનો ક્રશીંગ સ્ટ્રેસ શોધો.

ચીરાઇ જવાની સામે થતાં જોર માટે સાંધાની એફીશીઅન્સી

$$\text{ટકામાં} = \frac{p - d}{p} \times ૧૦૦$$

$$= \frac{૨ - \frac{૭}{૮}}{૨} \times ૧૦૦ = ૫૬{\cdot}૨૫ \text{ ટકા.}$$

સીંગલ રીવેટેડ જોઇન્ટમાં પીચ જેટલી સાંધાની પહોળાઇમાં રીવેટની સંખ્યા એક છે, માટે અહીંઆ $n = ૧$ છે.

કપાઇ જવાની સામે થતાં જોર માટે સાંધાની એફીશીઅન્સી

$$\text{ટકામાં} = \frac{a \times n}{p \times t} \times \frac{fs}{ft} \times ૧૦૦$$

$$= \frac{{\cdot}૭૮૫૪ \, d^2 \, n}{p \times t} \times \frac{fs}{ft} \times ૧૦૦$$

$$= \frac{.૭૮૫૪ \times ૭ \times ૭ \times ૧ \times ૧૬ \times ૨૩ \times ૧૦૦}{૮ \times ૮ \times ૨ \times ૭ \times ૨૮}$$

$= \underline{૫૬.૪૫ \text{ ટકા}}$

ચીરાઈ જવાની સામે થતો સાંધાનો અવરોધ = કચડાઈ જવાની સામે થતો સાંધાનો અવરોધ

$$(p - d)\, t \times f t = d\, t \times f c$$

$$\therefore \text{ ક્રશીંગ સ્ટ્રેસ} = f c = \frac{(p - d)\, t \times f t}{d\, t}$$

$$= \frac{(૨ - \frac{૭}{૮}) \times \frac{૭}{૧૬} \times ૨૮}{\frac{૭}{૮} \times \frac{૭}{૧૬}}$$

$$= \frac{૯ \times ૭ \times ૨૮ \times ૮ \times ૧૬}{૮ \times ૧૬ \times ૭ \times ૭}$$

$= \underline{૩૬ \text{ ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ}}$

દાખલો ૮.—એક ડબલ રીવેટેડ લેપ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ $\frac{૫}{૮}$ ઇંચ, રીવેટનો વ્યાસ $૧\frac{૫}{૧૬}$ ઇંચ, અને પીચ $૪\frac{૩}{૪}$ ઇંચ છે, તો તે સાંધાની એફીશીઅન્સી ટકામાં શોધો. શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસનાં $\frac{૮}{૧૦}$ છે.

$$E_t = \frac{(p - d)}{p} \times ૧૦૦$$

$$= \frac{૪\frac{૩}{૪} - ૧\frac{૫}{૧૬}}{૪\frac{૩}{૪}} \times ૧૦૦ = \underline{૭૨.૪ \text{ ટકા}}$$

ડબલ રીવેટેડ જોઇન્ટમાં પીચ જેટલી સાંધાની પહોળાઇમાં બે રીવેટ હોય છે, માટે અહીંઆ $n = ૨$ છે.

$$E_s = \frac{a \times n}{p \times t} \times \frac{f s}{f t} \times ૧૦૦$$

$$= \frac{.૭૮૫૪\, d^૨\, n}{p \times t} \times \frac{f s}{f t} \times ૧૦૦$$

$$= \frac{\text{·૭૮૫૪} \times \text{૨૧} \times \text{૨૧} \times \text{૨} \times \text{૪} \times \text{૮} \times \text{૮} \times \text{૧૦૦}}{\text{૧૬} \times \text{૧૬} \times \text{૧૯} \times \text{૫} \times \text{૧૦}}$$

$$= \underline{\text{૭૨·૯ ટકા}}$$

દાખલો ૯.—ડબલ કવર–પ્લેટ સાથના એક સીંગલ રીવેટેડ બટ જોઈન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ $\frac{\text{૧૫}}{\text{૧૬}}$ ઇંચ છે, રીવેટનો વ્યાસ ૧$\frac{\text{૧}}{\text{૮}}$ ઇંચ છે, તો રીવેટોનાં પીચ શોધો, અને તે સાંધાની એફીશીઅન્સી ટકામાં શોધો. પ્લેટનું ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન છે અને રીવેટનું શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૩ ટન છે.

$$p = \frac{\text{૧·૫૭૧}\, d^{2}\, fs}{t\, ft} + d = \frac{\text{૧·૫૭૧} \times \text{૯} \times \text{૯} \times \text{૧૬} \times \text{૨૩}}{\text{૮} \times \text{૮} \times \text{૧૫} \times \text{૨૮}} + \text{૧}\tfrac{\text{૧}}{\text{૮}}$$

$$= \text{૨·૮૬૭ ઇંચ} = \underline{\text{૨}\tfrac{\text{૭}}{\text{૮}} \text{ ઇંચ લગભગ.}}$$

$$Et = \frac{p-d}{p} \times \text{૧૦૦} = \frac{\text{૨}\frac{\text{૭}}{\text{૮}} - \text{૧}\frac{\text{૧}}{\text{૮}}}{\text{૨}\frac{\text{૭}}{\text{૮}}} \times \text{૧૦૦} = \underline{\text{૬૦·૮૭ ટકા.}}$$

$$Es = \frac{a \times n \times \text{૨}}{p \times t} \times \frac{fs}{ft} \times \text{૧૦૦}$$

$$= \frac{\text{·૭૮૫૪} \times \text{૯} \times \text{૯} \times \text{૧} \times \text{૨} \times \text{૮} \times \text{૧૬} \times \text{૨૩} \times \text{૧૦૦}}{\text{૮} \times \text{૮} \times \text{૨૩} \times \text{૧૫} \times \text{૨૮}} = \underline{\text{૬૦·૫૯ ટકા.}}$$

દાખલો ૧૦.—ડબલ કવર–પ્લેટ સાથના એક ડબલ રીવેટેડ બટ જોઈન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ $\frac{\text{૧}}{\text{૨}}$ ઇંચ છે, અને રીવેટનો વ્યાસ $\frac{\text{૭}}{\text{૮}}$ ઇંચ છે, તો રીવેટોનો પીચ શોધો. વળી તે સાંધાની એફીશીઅન્સી ટકામાં શોધો. શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસનાં ·૭૫ છે.

$$p = \frac{\text{૩·૧૪૨}\, d^{2}\, fs}{t\, ft} + d = \frac{\text{૩·૧૪૨} \times \text{૭} \times \text{૭} \times \text{૨} \times \text{·૭૫}}{\text{૮} \times \text{૮} \times \text{૧} \times \text{૧}} + \frac{\text{૭}}{\text{૮}}$$

$$= \underline{\text{૪}\tfrac{\text{૧}}{\text{૨}} \text{ ઇંચ લગભગ.}}$$

$$Et = \frac{p-d}{p} \times \text{૧૦૦}$$

$$= \frac{\text{૪}\frac{\text{૧}}{\text{૨}} - \frac{\text{૭}}{\text{૮}}}{\text{૪}\frac{\text{૧}}{\text{૨}}} \times \text{૧૦૦} = \underline{\text{૮૦·૫ ટકા}}$$

$$Es = \frac{a \times n \times ૨}{p \times t} \times \frac{fs}{ft} \times ૧૦૦$$

$$= \frac{\cdot ૧૯૮૫૪ \times ૧૭ \times ૭ \times ૨ \times ૨ \times ૨ \times ૨ \times \cdot ૭૫ \times ૧૦૦}{૮ \times ૮ \times ૯ \times ૧ \times ૧}$$

$$= \underline{૮૦\cdot ૨ \text{ ટકા}}$$

દાખલો ૧૧.—એક સ્ટીલનાં નળાકાર બોયલરનો વ્યાસ ૭ ફુટ અને લંબાઈ ૩૦ ફુટ છે. શેલ પ્લેટની જાડાઈ $\frac{૧}{૨}$ ઇંચ છે અને શેલના લંબાઈના સાંધા બેવડી કવર પ્લેટ સાથના ડબલ રીવેટેડ બટ જોઈન્ટ છે. આ સાંધાની એફીશીઆન્સી ૮૦ ટકા છે. જો સ્ટીલની પ્લેટનું ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેંગ્થ દર ચોરસ ઇંચે દીઠ ૨૮ ટન હોય, અને ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ૬ લેવાનો હોય, તો તે બોયલરમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ સલામતી સાથે કાર્ય કરતું કેટલું દબાણ લઈ શકાશે ?

પ્લેટ ઉપર આવતું સૌથી વધુ ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેસ હમેશાં બોયલરની લંબાઈનાં છેદચિત્ર આગળ હોય છે, માટે

$$S = \frac{pdl}{૨lt} = \frac{pd}{૨t}$$

$$\therefore \text{ તોડી નાંખનારૂં વરાળનું દબાણ} = p = \frac{S \times ૨t}{d}$$

બોયલરમાં બીલકુલ સાંધા નથી એમ માની લઈએ ત્યારે તોડી નાંખનારૂં દબાણ ઉપર આપ્યા પ્રમાણે હોય છે.

પણ બોયલરના સાંધાની એફીશીઆન્સી ૮૦ ટકા આપેલી છે, માટે

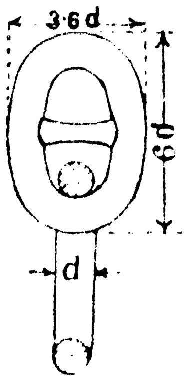
$$\text{સાંધા આગળનું તોડી નાંખનારૂં દબાણ} = p = \frac{S \times ૨t}{d} \times \frac{૮૦}{૧૦૦}$$

ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ૬ આપેલો છે, માટે

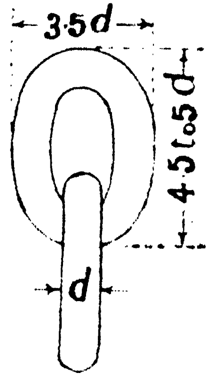
$$\text{સલામતી સાથે કાર્ય કરતું દબાણ } p = \frac{S \times ૨t}{d} \times \frac{૮૦}{૧૦૦} \times \frac{૧}{૬}$$

$$= \frac{૨૮ \times ૨૨૪૦ \times ૨ \times ૫ \times ૮૦}{૮ \times ૭ \times ૧૨ \times ૧૦૦ \times ૬} = \underline{૧૨૪\cdot ૪ \text{ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.}}$$

સાંકળ ઉપરનાં જોર.—સાંકળના અંકોડા અથવા કડી (લીંક link) ઉપર ખેંચાણનું જોર આવવાથી કડીઓની બાજુઓ એકેકની વધારે નજદીક આવવાનું વલણ કરે છે. આ કારણને લીધે વહાણને લંગરવા માટેની સાંકળ જે ઉપર ઘણાં ઓચિંતાં અને સખત જોરો આવે છે તેની કડીઓની અંદરની બાજુઓ વચ્ચે સ્ટડ અથવા ક્રાંચર આકૃતિ ૩૨માં દેખાડયા પ્રમાણે બેસાડવામાં આવે છે. આ સાંકળને સ્ટડ-લીંક ચેન (stud-link chain) કહેવામાં આવે છે.



આકૃતિ ૩૨.



આકૃતિ ૩૩.

આ સ્ટડો કડીની બાજુઓને ઘણીજ અસરકારક રીતે એકેકથી દુર રાખે છે અને કોઈપણ કડીને તેની પાસેની બીજી કડી સાથે ભીડાઈ જતી અટકાવે છે. તેઓ અવશ્ય કરીને સાંકળનાં જોરમાં વધારો કરે છે, કારણ કે તેઓ દબાણમાં હોય છે જ્યારે કડીની બાજુઓ ખેંચાણમાં હોય છે. આકૃતિ ૩૩માં સાદી ઓપન-લીંક (open-link) એટલે ખુલ્લી કડી તેના માપોનાં પ્રમાણ સાથે બતાવી છે.

સાંકળની સ્ટડવાળી કડી (સ્ટડ-લીંક)નું જોર જે વ્યાસનાં અને જે જાતનાં માઇલ્ડ સ્ટીલની તે કડી બનાવેલી છે તેજ વ્યાસનાં અને તેજ જાતનાં માઇલ્ડ સ્ટીલના સળીયાના બમણા જોરની બરાબર છે, અને સંપૂર્ણ તથા ઉત્તમ રીતે વેલ્ડ કરેલી ખુલ્લી કડી (ઓપન લીંક) વાળી સાંકળનું જોર સ્ટડ-લીંકવાળી સાંકળનાં જોરનાં માત્ર લગભગ ૭૦

ટકા હોય છે, અને કોઈ કોઈ વેળા આ ૭૦ ટકાથી પણ ઓછું જોર લેવા દેવામાં આવે છે.

સાંકળો ઉપર સલામતી સાથે લઈ શકાતો લોડ અથવા વજન શોધવા માટેની ફૉરમ્યુલા (કુંચી) નીચે પ્રમાણે છે.

જો, W = સલામતી સાથે લઈ શકાતો લોડ અથવા વજન ટનમાં.

d = સાંકળની કડીની ધાતુનો વ્યાસ ઈંચમાં.

ત્યારે, $W = ૭\ d^2$.

ઉપલી ફૉરમ્યુલા નીચે પ્રમાણેની રીતે મેળવેલી હોય છે. આપણે ધાતુઓનાં અલ્ટીમેટ અને સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસનો કોઠો તપાસીશું તો આપણને માલમ પડશે કે નરમ પોલાદ માટેનું સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬ ટન છે, પણ સાંકળની કડીને વેલ્ડ કરેલી હોવાથી તેમજ તે ઉપર વાળવાનું કાર્ય કરેલું હોવાથી આ સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસનાં ૨૦ ટકા જેટલું સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસ સાંકળની કડીની માઇલ્ડ સ્ટીલની ધાતુ માટે લેવું જોઈએ, એટલે લગભગ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪·૮ ટન જેટલું સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસ લેવામાં આવે છે.

જે વ્યાસનાં અને જે જાતનાં માઇલ્ડ સ્ટીલની સાંકળ બનાવેલી હોય છે તેજ વ્યાસનાં અને તેજ જાતનાં માઇલ્ડ સ્ટીલના સળીયા ઉપર જે લોડ ટકી શકાય છે તે લોડથી બમણો લોડ અથવા વજન સાંકળ ઉપર લટકાવી શકાય છે.

∴ W = ૨ × સાંકળનાં સ્ટીલનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ × સેફ વર્કીંગ સ્ટ્રેસ.

$= ૨ \times \cdot ૭૮૫૪ \times d^2 \times ૪\cdot ૮.$

$= ૭\cdot ૫\ d^2.$

ઉપલું પરિણામ અનુભવથી સિદ્ધ કરેલી આગળ આપેલી ફૉરમ્યુલા ($W = ૭\ d^2$)ને લગભગ મળતું આવે છે.

સાંકળ ઉપર સલામતી સાથે લટકાવી શકાતો લોડ નક્કી કરવાનો બીજો નિયમ જે એન્ડર્સનના નિયમ તરીકે જાણીતો છે તે નીચે પ્રમાણે છે:—

$$W \text{ ટનમાં} = \frac{(\text{વ્યાસ દોરામાં})^૨}{૧૦}.$$

જે સાંકળો ઉપર ઘણા ઓચિંતા આંચકા આવતા હોય તેવી સાંકળો (જેવી કે, ક્રેન માટેની વજનો ઉપાડવાની સાંકળ અને વજનને ઉપાડવા માટે તેની ફરતે બાંધવામાં આવતી સાંકળ)ની ધાતુ અંતે સ્ફટિકમય થાય છે અથવા તેના રેષા ટુંકા થાય છે, અને પરિણામે બરડ અને બીનસલામત બને છે. આ અંદરની સ્થિતિ નિયમિત વખતે દુર કરવા માટેની જે ઉત્તમ સાવચેતી ગ્રહણ કરવામાં આવે છે તે એ છે કે સાંકળને દર વર્ષે બહાર કાઢી તેને એનીલ કરવામાં આવે છે, અથવા ભઠ્ઠીમાં ઘણે ધીમે ધીમે ગરમ કરી લાલચોલ કરવામાં આવે છે અને ત્યાર પછી ગરમ રાખ અથવા ભેભટના ઢગમાં બંધ કરી ધીમે ધીમે ઠંડી થવા દેવામાં આવે છે.

સાંકળનું વજન શોધવાનો નિયમઃ—દર ફેધમ (૬ ફુટ) લંબાઈ દીઠ સાંકળનું વજન પૌંડમાં $= ૬૦d^૨$, એમાં d = સાંકળની કડીની ધાતુનો વ્યાસ ઇંચમાં.

દાખલો ૧૨.—એક સાંકળની કડીઓને $\frac{૧}{૨}$ ઇંચ વ્યાસના માઇલ્ડ સ્ટીલના સળીયામાંથી બનાવવામાં આવી છે, તો તે સાંકળ ઉપર સલામતી સાથે કેટલું વજન લટકાવી શકાશે? જો સાંકળની લંબાઈ ૧૦૦ ફુટ હોય તો તેનું વજન શોધો?

$$W = ૭\, d^૨$$

$$= ૭ \times \frac{૧}{૨} \times \frac{૧}{૨} = \frac{૭}{૪} = \underline{૧\frac{૩}{૪} \text{ ટન}}$$

દર ફેધમ લંબાઈ દીઠ સાંકળનું વજન પૌંડમાં $= ૬૦\, d^૨$

$$= ૬૦ \times \frac{૧}{૨} \times \frac{૧}{૨}$$

$$= ૧૫ \text{ પૌંડ.}$$

$$\therefore ૧૦૦ \text{ ફુટ લંબાઈનું વજન} = \frac{૧૦૦ \times ૧૫}{૬} = \underline{૨૫૦ \text{ પૌંડ}}$$

નક્કર ગોળ શાફ્ટનું બળ.—શાફ્ટ લોખંડ અથવા નરમ પોલાદના ગોળ સળીયા છે જે ગતિ અને શક્તિને એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ લઈ જવા માટે વપરાય છે. જો શાફ્ટ ઉપર પુલી અથવા વ્હીલ તેને સ્થાને સજ્જડ બેસાડી તે પુલી અથવા વ્હીલની રીમ ઉપર જોર લાગુ પાડવામાં આવે, તો તે શાફ્ટ અમળાવી નાંખનારાં મોમેન્ટ જેને ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ અથવા તોર્શનલ મોમેન્ટ અથવા તોર્ક (twisting moment અથવા torsional moment, અથવા torque) કહે છે તેને આધિન થશે. આ અમળાવી નાંખનારાં એટલે ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ જોર અને જે લીવરેજે જોર કાર્ય કરે છે તે લીવરેજનો ગુણાકાર છે; દાખલા તરીકે, જો શાફ્ટ ઉપર ૨ ફુટ વ્યાસની પુલી સજ્જડ કરેલી હોય અને તે પુલીની રીમ ઉપર ૩૦૦ પૌંડનું જોર લાગુ પાડવામાં આવે તો અમળાવી નાંખનારૂં મોમેન્ટ એટલે ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ = ૩૦૦ × ૧ = ૩૦૦ ફુટ–પૌંડ થશે. જો લીવરેજને ઇંચમાં લેવામાં આવે, તો ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ = ૩૦૦ × ૧૨ = ૩૬૦૦ ઇંચ–પૌંડ થશે. શાફ્ટ ઉપરનાં ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ અથવા તોર્ક માટેનો ઘણો સુગમ ભરેલો એકમ ઘણું કરીને ઇંચ–પૌંડ છે, પણ ફુટ–પૌંડ, ફુટ–ટન, અને ઇંચ–ટન પણ વપરાય છે. કોઈ કોઈ વાર આ એકમ પૌંડ–ઇંચ, પૌંડ–ફુટ, અને ટન–ઇંચ એમ પણ લખાય છે.

તોર્શનલ અથવા ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ અથવા તોર્ક સામે ટકી રહેવાનાં નક્કર નળાકાર શાફ્ટોનાં જોર તે શાફ્ટોના વ્યાસોનાં ઘન (cube)નાં પ્રમાણમાં છે. ધારોકે ત્રણ શાફ્ટના વ્યાસ અનુક્રમે ૧, ૨, અને ૩ છે, ત્યારે અમળાવી નાંખનારાં મોમેન્ટ એટલે ત્વીસ્તીંગ અથવા તોર્શનલ મોમેન્ટની સામે ટકી રહેવાનાં તેમનાં જોર (તોર્શનલ સ્ત્રેંગ્થ torsional strength) = $૧^૩ : ૨^૩ : ૩^૩$ = ૧ : ૮ : ૨૭ થશે.

દાખલો ૧૩.—ત્રણ શાફ્ટ જેના વ્યાસો અનુક્રમે ૧.૫, ૩, અને ૪ ઇંચ છે તેનાં સંબંધી તોર્શનલ જોરો શોધો.

$1.5^3 : 3^3 : 4^3$

$\therefore$ ૩.૩૭૫ : ૨૭ : ૬૪

એક ઇંચ વ્યાસની સારી જાતનાં ઘડતર લોઢાંની શાફ્ટ વધુમાં વધુ ૮૦૦ ફુટ–પૌંડ અથવા ૯૬૦૦ ઇંચ–પૌંડનાં તોડી નાંખનારાં (રપ્ચરીંગ) ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટની સામે ટકી રહે છે. એનો અર્થ એ થાય છે કે જો શાફ્ટ ઉપર બેસાડેલી પુલી અથવા વ્હીલ કે જેની ઉપર જોર લાગુ પાડવામાં આવ્યું હોય તેની ત્રિજ્યા ૧ ફુટ હોય તો તેની રીમ ઉપર વધુમાં વધુ ૮૦૦ પૌંડનું જોર લાગુ પાડી શકાય છે. જો લીવરેજ ઘટાડીને ૬ ઇંચ કરવામાં આવે એટલે પુલીની ત્રિજ્યા ૬ ઇંચ હોય તો તેની રીમ ઉપર ૧૬૦૦ પૌંડનું જોર લાગુ પાડી શકાશે, અને એ પ્રમાણે આગળ સમજવું; અથવા

જો R = લીવરની લંબાઈ અથવા પુલીની ત્રિજ્યા ફુટમાં હોય,
અને P = પુલી અથવા વ્હીલની રીમ ઉપરનું જોર અથવા દબાણ પૌંડમાં હોય,

તો $P \times R$ = ૮૦૦ ફુટ–પૌંડ.

$\therefore P = \frac{૮૦૦}{R}$ પૌંડ, અને $R = \frac{૮૦૦}{P}$ ફુટ.

વ્યવહારમાં તોડી નાંખનારાં (રપ્ચરીંગ rupturing) ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટનાં ⅙થી ⅒ કરતાં વધુ જોર શાફ્ટ ઉપર લેવામાં આવતું નથી.

દાખલો ૧૪.—એક ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ઉપર ૧૫ ઇંચ અને ૨૪ ઇંચ વ્યાસની બે પુલીઓ ચાવી મારી સજ્જડ કરેલી છે, તો તે દરેક પુલીની રીમ ઉપર વધુમાં વધુ કેટલું જોર સ્વતંત્ર રીતે લાગુ પાડી શકાય ?

$P \times R'$ = ૮૦૦ ફુટ–પૌંડ.

અથવા $P \times R''$ = ૯૬૦૦ ઇંચ–પૌંડ.

$\therefore P = \frac{૯૬૦૦}{R''}$

$$\therefore P = \frac{૯૬૦૦}{૭\cdot૫} = \underline{૧૨૮૦ \text{ પૌંડ}}$$

$$P = \frac{૯૬૦૦}{૧૨} = \underline{૮૦૦ \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૧૫.—૨$\frac{૧}{૪}$ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ઉપર ૩ ફુટ વ્યાસની પુલી ચાવીથી સજ્જડ કરેલી છે, તો તે પુલીની રીમ ઉપર વધુમાં વધુ કેટલું જોર લાગુ પાડી શકાય ?

એક ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ વધુમાં વધુ ૮૦૦ ફુટ–પૌંડ અથવા ૯૬૦૦ ઇંચ–પૌંડનાં તોડી નાંખનારાં ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટની સામે ટકી રહે છે, માટે એક ઇંચની શાફ્ટ માટે પુલીની રીમ ઉપર લાગુ પાડી શકાતું સૌથી વધુમાં વધુ જોર $P = \frac{૮૦૦}{R'} = \frac{૮૦૦}{૧\cdot૫}$ પૌંડ

ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ સામે ટકી રહેવાનાં નક્કર શાફ્ટોનાં જોર તે શાફ્ટોના વ્યાસના ઘન (cube)નાં પ્રમાણમાં છે, માટે

$$૧^૩ \;:\; ૨\cdot૨૫^૩ \;::\; \frac{૮૦૦}{૧\cdot૫} \;:\; P$$

$$\therefore P = \frac{૨\cdot૨૫ \times ૨\cdot૨૫ \times ૨\cdot૨૫ \times ૮૦૦}{૧\cdot૫} = \underline{૬૦૭૫ \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૧૬.—એક ૩ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ઉપર ચાવીથી સજ્જડ કરેલી ૪ ફુટ વ્યાસની પુલીની રીમ ઉપર કેટલું જોર અથવા ખેંચાણ લાગુ પાડવાથી તે શાફ્ટ તૂટી જશે ?

એક ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટને તોડી નાંખવા માટે પુલીની રીમ ઉપર લાગુ પાડી શકાતું જોર $P = \frac{૮૦૦}{R'} = \frac{૮૦૦}{૨}$ પૌંડ.

$$૧^૩ \;:\; ૩^૩ \;::\; \frac{૮૦૦}{૨} \;:\; P$$

$$\therefore P = \frac{૩ \times ૩ \times ૩ \times ૮૦૦}{૨} = \underline{૧૦૮૦૦ \text{ પૌંડ}}$$

પોકળ શાફ્ટનાં બળની નક્કર શાફ્ટનાં બળ સાથે સરખામણી.—મરીન એન્જીનની પ્રોપેલર શાફ્ટ કોઇ કોઇ વેળાએ પોકળ બનાવવામાં આવે છે. નક્કર શાફ્ટ સાથે સરખાવતાં પોકળ શાફ્ટનાં અમળાઇ જવાનાં જોર (તોર્શનલ સ્ટ્રેંગ્થ)નું પ્રમાણ નીચે પ્રમાણે છે:—

ધારો કે, D = નક્કર અને પોકળ શાફ્ટનો બહારનો વ્યાસ.

અને d = પોકળ શાફ્ટનો અંદરનો વ્યાસ.

ત્યારે, નક્કર અને પોકળ શાફ્ટનાં બળોનું પ્રમાણ નીચે પ્રમાણે છે:—

$$D^{૩} : \frac{D^{૪} - d^{૪}}{D}$$

નક્કર અને પોકળ શાફ્ટનાં વજનોનું પ્રમાણ નીચે પ્રમાણે છે:—

$$D^{૨} : D^{૨} - d^{૨}$$

દાખલો ૧૭.—બે શાફ્ટ જેમાંની એક નક્કર અને બીજી પોકળ છે તેનાં જોરો અને વજનોની સરખામણી કરો. નક્કર શાફ્ટનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે અને પોકળ શાફ્ટનો બહારનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ અને અંદરનો વ્યાસ ૫ ઇંચ છે.

$$D^{૩} : \frac{D^{૪} - d^{૪}}{D}$$

$$૧૦ \times ૧૦ \times ૧૦ : \frac{(૧૦ \times ૧૦ \times ૧૦ \times ૧૦) - (૫ \times ૫ \times ૫ \times ૫)}{૧૦}$$

$$૧૦૦૦ : \frac{૧૦૦૦૦ - ૬૨૫}{૧૦}$$

$$૧૦૦૦ : ૯૩૭\text{·}૫$$

$$૧૦૦ : ૯૩\text{·}૭૫$$

$$\underline{૧૬ : ૧૫}$$

અથવા, પોકળ શાફ્ટનું બળ નક્કર શાફ્ટ કરતાં સેંકડે માત્ર ૬·૨૫ ટકા ઓછું છે, પણ તેમનાં વજનોનું પ્રમાણ નીચે પ્રમાણે છે:—

$$\begin{aligned} D^2 &: D^2 - d^2 \\ ૧૦^2 &: ૧૦^2 - ૫^2 \\ ૧૦૦ &: ૭૫ \\ ૪ &: ૩ \end{aligned}$$

અથવા પોકળ શાફ્ટનું વજન નક્કર શાફ્ટનાં વજન કરતાં સેંકડે ૨૫ ટકા ઓછું છે.

ત્વીસ્તીંગ અથવા તોર્શનલ મોમેન્ટ અથવા તોર્ક શોધવાની બીજી રીત.—એ તો સ્પષ્ટ છે કે જે પળે શાફ્ટ અમળાઈને તૂટી જાય છે તે પળે શાફ્ટે ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટની બરાબરનું અવરોધનું મોમેન્ટ અથવા શીઅરીંગ (કાપી નાંખનારાં જોરનું) મોમેન્ટ રજુ કરવું જોઈએ. કપાઈને તૂટી જવાનું ક્ષેત્રફળ શાફ્ટનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ છે, જે $\frac{\pi}{૪} D^2$ છે, એમાં D = શાફ્ટનો વ્યાસ છે. આ અવરોધ જે સરેરાશ આર્મ અથવા લીવરેજે કાર્ય કરે છે તે આર્મ અથવા લીવરેજ શાફ્ટની અર્ધી ત્રિજ્યા બરાબર છે એમ દર્શાવી શકાય. તેટલા માટે, સરેરાશ આર્મ $= \frac{r}{૨} = \frac{D}{૪}$.

જો શાફ્ટની ધાતુનાં છેદચિત્રનાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ $= f$ હોય, તો કપાઈ જવાની સામે થતો કુલ અવરોધ એટલે શીઅરીંગ રીઝીસ્ટન્સ (shearing resistance) = શાફ્ટનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ $\times f = \frac{\pi}{૪} D^2 \times f$. અને

કુલ શીઅરીંગ મોમેન્ટ = કુલ શીઅરીંગ રીઝીસ્ટન્સ × લીવરેજ

$$= \frac{\pi}{૪} D^2 \times f \times \frac{D}{૪}$$

આ શીઅરીંગ મોમેન્ટ ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટની બરાબર થવું જોઇએ.

ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ = P × R છે,

એમાં **P** = પુલી અથવા વ્હીલની રીમ ઉપર લાગુ પાડેલું જોર,

અને R = પુલી અથવા વ્હીલની ત્રિજ્યા.

$$\therefore P \times R = \frac{\pi}{૪} D^૨ \times f \times \frac{D}{૪}$$

$$= \frac{\pi}{૧૬} D^૩ f$$

$$\therefore \text{ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ} = T = \frac{૩\cdot૧૪૧૬}{૧૬} D^૩ f$$

$$\therefore T = \cdot૧૯૬ \; D^૩ f$$

$$\text{અથવા, } D = \sqrt[૩]{\frac{T}{\cdot૧૯૬ f}} = \sqrt[૩]{૫\cdot૧ \times \frac{T}{f}}$$

પોકળ શાફ્ટ માટે ત્વીસ્તીંગ અથવા તોર્શનલ

$$\text{મોમેન્ટ} = T = \frac{\pi}{૧૬}\left(\frac{D^૪ - d^૪}{D}\right) f$$

$$= \cdot૧૯૬ \left(\frac{D^૪ - d^૪}{D}\right) f$$

લગભગ ૯ ઇંચના વ્યાસ સુધીની ઘડતર લોઢાંની શાફ્ટ માટે શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ f ઘણું કરીને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૯૦૦૦ પૈાંડ લેવામાં આવે છે, અને ૯ ઇંચ ઉપરાંતના વ્યાસ માટે ૮૦૦૦ પૈાંડ લેવામાં આવે છે. સ્ટીલની શાફ્ટ માટે fની કિંમત અનુક્રમે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૨૦૦૦ પૈાંડ અને ૧૦૦૦૦ પૈાંડ લેવામાં આવે છે.

કોઈ પણ એક ચોક્કસ ધાતુ માટે શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ f નિયંત છે, તેજ પ્રમાણે દરેક શાફ્ટ માટે π અને ૧૬ પણ નિયંત છે, તેટલા માટે

ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ $P \times R$ એ $D^૩$નાં પ્રમાણમાં છે. જે પળે શાફ્ટ તૂટી જાય છે તે પળે શાફ્ટનું જોર ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ $P \times R$ને બરાબર સમતોલ કરે છે અથવા ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ $P \times R$ની બરાબર છે.

તેટલા માટે શાફ્ટનું જોર D^3નાં પ્રમાણમાં છે, એટલે બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો શાફ્ટોનાં જોર તેના વ્યાસોનાં ઘનનાં પ્રમાણમાં છે, જેનો આપણે આગળ ઉપયોગ કર્યો છે.

દાખલો ૧૮.—એક ઘડતર લોઢાંની શાફ્ટ ઉપર ૩૬ ઇંચ વ્યાસની પુલી ચાવીથી સજ્જડ કરેલી છે અને તેની રીમ ઉપર ૧૦ ટનનું જોર લાગુ પાડવામાં આવે છે, તો આ પ્રમાણે ઉત્પન્ન થતું ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ ખમી શકવા માટે શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ?

ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ $= T = ૧૦ \times ૨૨૪૦ \times ૧૮$ ઇંચ–પૌંડ.

$$T = ·૧૯૬ D^3 f$$

$$\therefore \ D = \sqrt[3]{\frac{T}{·૧૯૬ f}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{૧૦ \times ૨૨૪૦ \times ૧૮}{·૧૯૬ \times ૯૦૦૦}}$$

$$= \sqrt[3]{૨૨૮·૫૭૧} = \underline{૬·૧૧ \text{ ઇંચ}}$$

દાખલો ૧૯.—એક નરમ પોલાદની પોકળ શાફ્ટ ઉપર ૩૦ ઇંચ વ્યાસની પુલી ચાવીથી સજ્જડ કરેલી છે અને તેની રીમ ઉપર ૮ ટનનું જોર લાગુ પાડવામાં આવે છે, તો આ પ્રમાણે ઉત્પન્ન થતું ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ ખમી શકવા માટે આ પોકળ શાફ્ટનો બહારનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ? શાફ્ટનો અંદરનો વ્યાસ બહારના વ્યાસના $\frac{૨}{૩}$ જેટલો છે.

ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ $= T = ૮ \times ૨૨૪૦ \times ૧૫ = ૨૬૮૮૦૦$ ઇંચ–પૌંડ

$$T = ·૧૯૬ \left(\frac{D^૪ - d^૪}{D}\right) f$$

$$૨૬૮૮૦૦ = ·૧૯૬ \left(\frac{D^૪ - d^૪}{D}\right) \times ૧૨૦૦૦$$

$$\therefore \ \frac{D^૪ - (\frac{૨}{૩}D)^૪}{D} = \frac{૨૬૮૮૦૦}{·૧૯૬ \times ૧૨૦૦૦} = \frac{૫૬}{·૪૯}$$

$$\therefore \frac{D \times D \times D \times D}{D} - \frac{\frac{2}{3}D \times \frac{2}{3}D \times \frac{2}{3}D \times \frac{2}{3}D}{D} = \frac{૫૬}{\cdot૪૯}$$

$$\therefore D^3 - \frac{૧૬}{૮૧} D^3 = \frac{૫૬}{\cdot૪૯}$$

$$\frac{૬૫}{૮૧} D^3 = \frac{૫૬}{\cdot૪૯}$$

$$\therefore D^3 = \frac{૫૬ \times ૮૧}{\cdot૪૯ \times ૬૫}$$

$$\therefore D = \sqrt[3]{\frac{૫૬ \times ૮૧}{\cdot૪૯ \times ૬૫}} = \sqrt[3]{૧૪૨\cdot૪૧૭}$$

બહારનો વ્યાસ = <u>૫·૨૨ ઇંચ</u>

$$\text{અંદરનો વ્યાસ} = \frac{૫\cdot૨૨ \times ૨}{૩} = \underline{૩\cdot૪૮ \text{ ઇંચ}}$$

શાફ્ટીંગ વડે સંચારણ કરવામાં આવતા હોર્સપાવર.—એક શાફ્ટ સલામતી સાથે જે શક્તિનું સંચારણ કરે છે તે તે શાફ્ટને જે ઝડપે ફેરવવામાં આવે છે તે ઝડપનાં પ્રમાણમાં હોય છે; દાખલા તરીકે, દર મીનીટે ૬૦ આંટાની ઝડપે ફરતી એક શાફ્ટ જો ૫ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકે છે, તો તેજ શાફ્ટ ૧૨૦ આંટાની ઝડપે ૧૦ હોર્સપાવરનું સંચારણ સલામતી સાથે કરી શકશે; અને એજ પ્રમાણે આગળ સમજવું.

દાખલો ૨૦.—જો એક શાફ્ટ દર મીનીટે ૪૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૬ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરે છે, તો તેજ શાફ્ટને જો દર મીનીટે ૨૪૦ આંટાની ઝડપે ફેરવવામાં આવે તો તે કેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકશે ?

૪૦ : ૨૪૦ : : ૬ : હોર્સપાવર

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{૨૪૦ \times ૬}{૪૦} = \underline{૩૬}$$

દાખલો ૨૧.—જો ૨ ઇંચ વ્યાસની એક શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૬૦ આંટાની ઝડપે ફરી બીજી શાફ્ટ ઉપર ૧૬ હોર્સપાવર મોકલી શકે છે, તો ૩ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૨૦ આંટાની ઝડપે ફરી કેટલા હોર્સપાવર મોકલી શકશે ?

$$૨^૩ : ૩^૩ :: ૧૬ : \text{હોર્સપાવર}$$
$$૧૬૦ : ૧૨૦$$

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{૩ \times ૩ \times ૩ \times ૧૨૦ \times ૧૬}{૨ \times ૨ \times ૨ \times ૧૬૦} = \frac{૮૧}{૨} = \underline{૪૦.૫}$$

દાખલો ૨૨.—૩ ઇંચ વ્યાસની સારી જાતનાં ઘડતર લોઢાંની એક શાફ્ટને જ્યારે તે ઉપર સજ્જડ કરેલી ૩૦ ઇંચ વ્યાસની પુલી વડે દર મીનીટે ૧૬૦ આંટાની ઝડપે ફેરવવામાં આવે છે ત્યારે તે શાફ્ટ ઉપરથી કેટલા હોર્સપાવર લઈ જઈ શકાશે ? શાફ્ટ ઉપર તેનાં અલ્ટીમેટ અથવા બ્રેકીંગ સ્ટ્રેંગ્થનાં $\frac{૧}{૧૦}$થી વધુ જોર લેવાનું નથી, અથવા બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી $\frac{૧}{૧૦}$ લેવાનો છે.

સારી જાતનાં ઘડતર લોઢાંની ૧ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ૧ ફુટનાં લીવરેજે લાગુ પાડેલાં વધુમાં વધુ ૮૦૦ પૌંડનાં જોર વડે તૂટી જાય છે, એટલે ૧ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ વધુમાં વધુ ૮૦૦ ફુટ–પૌંડનાં તોડી નાંખનારાં એટલે રપ્ચરીંગ ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટની સામે ટક્કી રહે છે. ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી $\frac{૧}{૧૦}$ લેવાનો છે, માટે ૧ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ઉપર સલામતી સાથે લઈ શકાતું (સેફ વર્કીંગ) ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ = $\frac{૮૦૦}{૧૦}$ ફુટ–પૌંડ.

$$P \times R = \frac{૮૦૦}{૧૦} \text{ ફુટ–પૌંડ}$$

$$\therefore P = \frac{૮૦૦}{૧૦ \times R} = \frac{૮૦૦}{૧૦ \times ૧.૨૫} \text{ પૌંડ}$$

$$૧^૩ : ૩^૩ :: \frac{૮૦૦}{૧૦ \times ૧.૨૫} : P$$

$$\therefore P = \frac{3 \times 3 \times 3 \times 800}{10 \times 1 \cdot 25} = 1728 \text{ પૌંડ}$$

આ જોર અથવા દબાણુ એક મીનીટમાં જે અંતરે કાર્ય કરે છે તે અંતર = પુલીનો પરિઘ × એક મીનીટમાં આંટાની સંખ્યા = ૨.૫ × ૩.૧૪૧૬ × ૧૫૦.

∴ એક મીનીટમાં થયલું કામ = ૧૭૨૮ × ૨.૫ × ૩.૧૪૧૬ × ૧૫૦

$$\therefore \text{ હોર્સપાવર} = \frac{1728 \times 2 \cdot 5 \times 3 \cdot 1416 \times 150}{33000} = \underline{58 \cdot 8}$$

દાખલો ૨૩.—એક ક્રેનમાં સાંકળ ઉપરનું ખેંચાણુ ૬ ટન છે, અને જે ત્રિજ્યાએ આ ખેંચાણુ કરવામાં આવે છે તે ૮ ઇંચ છે. જો ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી $\frac{1}{10}$ લેવામાં આવે તો શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઇએ ?

ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ = T = ૬ × ૨૨૪૦ × ૮

= ૧૦૭૫૨૦ ઇંચ–પૌંડ.

$$1^3 : D^3 :: \frac{9600}{10} : 107520$$

$$\therefore D^3 = \frac{107520 \times 10}{9600} = 112$$

$$\therefore D = \sqrt[3]{112} = \underline{4 \cdot 82 \text{ ઇંચ}}$$

ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ અને શાફ્ટ વડે સંચારણુ કરવામાં આવતા હોર્સપાવર વચ્ચેનો સંબંધ અને આપેલા હોર્સપાવરને લઇ જવા માટે જોઇતો શાફ્ટનો વ્યાસ નક્કી કરવાની રીત :—

ધારો કે, P = શાફ્ટ ઉપર બેસાડેલી પુલી અથવા વ્હીલની રીમ ઉપર અથવા ક્રેંક–આર્મના છેડા ઉપર આવતું નિયંત જોર અથવા દબાણુ પૌંડમાં.

R = પુલી અથવા વ્હીલની ત્રિજ્યા ઇંચમાં, અથવા જે લીવરેજે જોર અથવા દબાણુ લાગુ પાડવામાં આવતું હોય તે લીવરેજ ઇંચમાં.

N = શાફ્ટના આંટાની સંખ્યા એક મીનીટમાં.

f = શાફ્ટના છેદચિત્રનાં દર ચોરસ ઇંચ ઉપરનું શીઅરીંગ સ્ત્રેસ પૌંડમાં.

T = સરેરાશ ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ ઇંચ-પૌંડમાં, અથવા કોઈ કોઈવાર જેમ લખાય છે તેમ પૌંડ-ઇંચમાં.

ત્યારે, એક આંટામાં થતું કામ $= \frac{P \times 2\pi R}{12}$ ફુટ-પૌંડ.

અને એક મીનીટમાં થતું કામ $= \frac{P \times 2\pi RN}{12}$ ફુટ-પૌંડ.

$\therefore$ હોર્સપાવર $= \frac{P \times 2\pi RN}{12 \times 33000}$

પણ $T = P \times R$ ઇંચ-પૌંડ.

$\therefore$ હોર્સપાવર $= H.P. = \frac{T \times 2\pi N}{12 \times 33000}$

$$\therefore T = \frac{12 \times 33000 \times H.P.}{2\pi N}$$

પણ $T = \frac{\pi}{16} D^3 f = \cdot 196\ D^3 f$

$$\therefore \cdot 196\ D^3 f = \frac{12 \times 33000 \times H.P.}{2\pi N}$$

$$\therefore D = \sqrt[3]{\frac{12 \times 33000 \times H.P.}{2\pi N \times \cdot 196 f}}$$

અહીંઆ આપણે ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ સરેરાશ લીધું છે અને તે નિયંત રહે છે એમ માની લીધું છે. પણ વ્યવહારમાં ઘણા દાખલામાં ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ ફેરફાર થાય છે અને આ માટે છુટ મુકવાને વધુમાં વધુ (મેકસીમમ) ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટને. સરેરાશ ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટનું ૧·૩થી ૧·૫ ગણું લેવામાં આવે છે, જેથી ઉપર મેળવેલા શાફ્ટના વ્યાસની કિંમત સહેજ વધે છે.

વળી એ પણ ધ્યાનમાં રાખવું જોઇએ કે પુલીઓ અને પટાનાં ખેંચાણને લીધે શાફ્ટો ઉપર જે લોડ પડે છે તે લોડને લીધે શાફ્ટો વળી જવાને તેમજ અમળાઈ જવાને આધિન હોય છે. આ કારણે જયારે માત્ર અમળાઈ જવાનું જોર ધ્યાનમાં લેવામાં આવે છે ત્યારે શાફ્ટનો વ્યાસ શોધવાનો નિયમ:- $D = \sqrt[3]{\frac{૧૨ \times ૩૩૦૦૦ \times H.P.}{૨ \pi N \times ·૧૯૬ f}}$ છે પણ જયારે વળી જવાનું જોર પણ ધ્યાનમાં લેવામાં આવે છે ત્યારે શાફ્ટનો વ્યાસ શોધવાનો નિયમ—

$$D = C \times \sqrt[3]{\frac{૧૨ \times ૩૩૦૦૦ \times H.P.}{૨ \pi N \times ·૧૯૬ f}}$$

ઉપર આપેલા નિયમમાં ગુણક Cની કિંમત નીચે આપેલા કોઠામાં દર્શાવી છે:—

શાફ્ટની જાત	Cની કિંમત
સ્ટીમરની પ્રોપેલર શાફ્ટ અને એવીજ જાતના લોડ સાથની શાફ્ટ	૧·૧૩
મીલની લાઇન શાફ્ટીંગ, વિગેરે...	૧·૩
ક્રેંક શાફ્ટ અને જે શાફ્ટીંગ ઉપર આંચકા આવતા હોય તે શાફ્ટીંગ, જેવી કે કેટલાંક મશીન–ટુલ્સની શાફ્ટ	૧·૪૨

દાખલો ૨૪.—એક શાફ્ટ ૩૫૦૦૦ ઇંચ–પૌંડનાં ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટને આધિન છે, અને તે દર મીનીટે ૧૦૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, તો તે શાફ્ટ વડે લઇ જવામાં આવતા હોર્સપાવર શોધો.

$$H.P. = \frac{T \times ૨ \pi N}{૧૨ \times ૩૩૦૦૦}$$

$$= \frac{૩૫૦૦૦ \times ૨ \times ૨૨ \times ૧૦૦}{૭ \times ૧૨ \times ૩૩૦૦૦} = \underline{૫૫·૫ \text{ ઇંચ}}$$

દાખલો ૨૫.—એક શાફ્ટ દર મીનીટે ૨૪૦ આંટાની ઝડપે ફરી હોર્સપાવરનું સંચારણ કરે છે, તો તેની ઉપર આવતું ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ શોધો?

$$T = \frac{૧૨ \times ૩૩૦૦૦ \times H.P.}{૨ \pi N}$$

$$\frac{૧૨ \times ૩૩૦૦૦ \times ૬૦ \times ૭}{૨ \times ૨૨ \times ૨૪૦} = \underline{૧૫૭૫૦ \text{ ઇંચ–પૌંડ}}$$

દાખલો ૨૬.—એક ઘડતર લોઢાંની શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૨૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૧૦ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરે છે, તો તે શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો જોઈશે તે શોધો?

$$T = \frac{૧૨ \times ૩૩૦૦૦ \times H.P.}{૨ \pi N}$$

$$\text{પણ } T = \cdot૧૯૬\ D^3 f \text{ છે}$$

$$\therefore\ \cdot૧૯૬\ D^3 f = \frac{૧૨ \times ૩૩૦૦૦ \times H.P.}{૨ \pi N}$$

$$\therefore\ D^3 = \frac{૧૨ \times ૩૩૦૦૦ \times H.P.}{૨ \pi N \times \cdot૧૯૬ f}$$

$$= \frac{૧૨ \times ૩૩૦૦૦ \times ૧૦ \times ૭}{૨ \times ૨૨ \times ૧૨૦ \times \cdot૧૯૬ \times ૯૦૦૦}$$

$$= ૨\cdot૯૭૬$$

$$\therefore\ D = \sqrt[3]{૨\cdot૯૭૬} = \underline{૧\cdot૪૪૯ \text{ ઇંચ}}$$

દાખલો ૨૭.—ધારો કે ૧ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ૨૦૦૦ પૌંડ–ઇંચનાં ટર્નીંગ મોમેન્ટ (ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ)ની સામે સલામતી સાથે ટકી શકે છે, તો તેજ ધાતુની ૨$\frac{૧}{૨}$ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ કેટલાં ટર્નીંગ અથવા ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટની સામે સલામતી સાથે ટકી શકશે? જો આ ૨$\frac{૧}{૨}$ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરતી હોય અને સલામતી સાથે લઈ શકાતો શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ દર

ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨ ટન હોય તો આ શાફ્ટ કેટલા હોર્સપાવર આપી શકશે ?

$$૧^3 : ૨{\cdot}૫^3 :: ૨૦૦૦ : T$$

$$\therefore T = \frac{૨{\cdot}૫ \times ૨{\cdot}૫ \times ૨{\cdot}૫ \times ૨૦૦૦}{૧ \times ૧ \times ૧}$$

$$= \underline{૩૧૨૫૦ \text{ પૌંડ–ઇંચ}}$$

$$T = \frac{૧૨ \times 33000 \times H.P.}{૨ \pi N}$$

પણ $T = {\cdot}૧૯૬\ D^3 f$

$$\therefore {\cdot}૧૯૬ D^3 f = \frac{૧૨ \times 33000 \times H.P.}{૨ \pi N}$$

$$\therefore H.P. = \frac{{\cdot}૧૯૬\ D^3 f \times ૨ \pi N}{૧૨ \times 33000}$$

$$= \frac{{\cdot}૧૯૬ \times ૨{\cdot}૫ \times ૨{\cdot}૫ \times ૨{\cdot}૫ \times ૨ \times ૨૨૪૦ \times ૨ \times ૨૨ \times ૧૫૦}{૭ \times ૧૨ \times 33000}$$

$$= \underline{૩૨{\cdot}૬}$$

દાખલો ૨૮.—એક મરીન એન્જીનની સ્ક્રુ–શાફ્ટનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે અને તે દર મીનીટે ૧૦૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે. આ એક (સીંગ્લ single) સ્ક્રુ–શાફ્ટને બદલે બેવડી (ત્વીન twin) સ્ક્રુ–શાફ્ટ ગોઠવવામાં આવી, જે દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે. જો બન્ને બાબતમાં ઉત્પન્ન થતા હોર્સપાવર સરખા હોય અને કાર્ય કરતાં સ્ટ્રેસ પણ સરખાં હોય, તો બેવડી સ્ક્રુ–શાફ્ટમાંની દરેક શાફ્ટનો જોઈતો વ્યાસ શોધો, અને તેમનાં વજનો સરખાવો.

ધારો કે, D_1 = એકવડી (સીંગ્લ) સ્ક્રુ–શાફ્ટનો વ્યાસ.

D_2 = બેવડી (ત્વીન) સ્ક્રુ–શાફ્ટમાંની દરેક શાફ્ટનો વ્યાસ.

N_1 = સીંગ્લ શાફ્ટના આંટાની સંખ્યા દર મીનીટે.

N_2 = ત્વીન સ્ક્રુ–શાફ્ટના આંટાની સંખ્યા દર મીનીટે.

H. P. = દરેક બાબતમાં ઉત્પન્ન થતા કુલ હોર્સપાવર.

f = દરેક બાબતમાં કાર્ય કરતું સ્ટ્રેસ પૌંડમાં.

$$\therefore D_૧ = \sqrt[3]{\frac{૧૨ \times 33000 \times H.P.}{૨\pi N_૧ \times ·૧૯૬ f}}$$

અને $D_૨ = \sqrt[3]{\frac{૧૨ \times 33000 \times H.P.}{૨ \times ૨\pi N_૨ \times ·૧૯૬ f}}$

$$D_૧^3 : D_૨^3 :: \frac{૧૨ \times 33000 \times H.P.}{૨\pi \times ૧૦૦ \times ·૧૯૬ f} : \frac{૧૨ \times 33000 \times H.P.}{૪\pi \times ૧૫૦ \times ·૧૯૬ f}$$

$$\therefore D_૧^3 : D_૨^3 :: \frac{૧}{૨૦૦} : \frac{૧}{૬૦૦}$$

$$:: 3 : ૧$$

$$\therefore D_૧ : D_૨ :: \sqrt[3]{3} : \sqrt[3]{૧}$$

$$:: \sqrt[3]{3} : ૧$$

$$\therefore D_૧ = D_૨ \sqrt[3]{3}$$

$$\therefore ૧૦ = ૧·૪૪૨ \ D_૨$$

$$\therefore D_૨ = \frac{૧૦}{૧·૪૪૨} = \underline{૬·૯૩ \text{ ઇંચ}}$$

સીંગલ (એકવડી) શાફ્ટનું વજન : ત્વીન (બેવડી) શાફ્ટોનું કુલ વજન

$$:: D_૧^૨ : ૨D_૨^૨$$

$$:: (૧·૪૪૨ D_૨)^૨ : ૨D_૨^૨$$

$$:: ૨·૦૮ D_૨^૨ : ૨D_૨^૨$$

$$:: ૨·૦૮ : ૨$$

$$:: \underline{૧·૦૪ : ૧}$$

એટલે, એકવડી (સીંગલ) સ્ક્રુ–શાફ્ટનું વજન ૧·૦૪ છે, અને બેવડી (ત્વીન) સ્ક્રુ–શાફ્ટનું કુલ વજન ૧ છે.

ઉપલાં પરિણામો જોતાં જણાશે કે બન્ને બાબતમાં શાફ્ટોનાં વજનો લગભગ સરખાં છે, પણ એકવડી (સીંગલ) સ્ક્રુ–શાફ્ટનો વ્યાસ એવડી (ત્રીન) સ્ક્રુ શાફ્ટોમાંની એક શાફ્ટના વ્યાસથી ૧$\frac{૧}{૪}$ ગણો મોટો છે.

દાખલો ૨૯.—બે શાફ્ટો જેમાંની એક નક્કર છે જેને ઘડતર લોઢાંની બનાવેલી છે, અને બીજી પોકળ છે જેને સ્ટીલની બનાવેલી છે અને તેનો બહારનો વ્યાસ નક્કર શાફ્ટના વ્યાસ જેટલોજ છે અને અંદરનો વ્યાસ બહારના વ્યાસનો અર્ધો છે તેનાં જોરો અને વજનોની સરખામણી કરો. સ્ટીલનું સલામતી સાથે લઈ શકાતું જોર ઘડતર લોઢાંનાં સલામતી સાથે લઈ શકાતાં જોરનું ૧$\frac{૧}{૨}$ ગણું છે, તથા ઘડતર લોઢાં અને સ્ટીલની ડેન્સીટી (ઘટ્ટપણું) સરખાં છે એમ લેવાનું છે.

ઘડતર લોઢાંની નક્કર શાફ્ટનું જોર : સ્ટીલની પોકળ શાફ્ટનું જોર

$$: : \cdot૧૯૬ D^3 f \; : \; \cdot૧૯૬ \left(\frac{D^૪ - d^૪}{D}\right) f$$

$$: : D^3 \times ૧ \; : \; \frac{D^૪ - (\frac{D}{૨})^૪}{D} \times ૧\tfrac{૧}{૨}$$

$$: : D^3 \; : \; \left(\frac{D \times D^3}{D} - \frac{\frac{૧}{૨}D \times \frac{૧}{૨}D \times \frac{૧}{૨}D \times \frac{૧}{૨}D}{D}\right) \frac{૩}{૨}$$

$$: : D^3 \; : \; \left(D^3 - \frac{D^3}{૧૬}\right) \times \frac{૩}{૨}$$

$$: : D^3 \; : \; \frac{૧૫}{૧૬} D^3 \times \frac{૩}{૨}$$

$$: : D^3 \; : \; \frac{૪૫}{૩૨} D^3$$

$$: : ૩૨ \; : \; ૪૫$$

$$: : ૧ \; : \; ૧\cdot૪$$

એટલે, સ્ટીલની પોકળ શાફ્ટનું જોર ઘડતર લોઢાંની નક્કર શાફ્ટનાં જોરનું ૧·૪ ગણું છે.

નક્કર શાફ્ટનું વજન : પોકળ શાફ્ટનું વજન : : $D^૨ : D^૨ - d^૨$

નક્કર શાફ્ટનું વજન : પોકળ શાફ્ટનું વજન : : $D^2 : D^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2$

$$D^2 : D^2 - \frac{D^2}{4}$$

$$D^2 : \frac{3}{4} D^2$$

$$4 : 3$$

$$1{\cdot}\dot{3} : 1$$

એટલે નક્કર શાફ્ટનું વજન પોકળ શાફ્ટનાં વજનનું ૧·૩ ગણું છે.

દાખલો ૩૭.—એક વહાણ જેનું એન્જીન દર મીનીટે ૬૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૧૦૦૦ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે છે તેની પ્રોપેલર શાફ્ટનો વ્યાસ ૮ ઇંચ છે. શાફ્ટ ઉપર માત્ર અમળાઈ જવાનું જોર આવે છે અને શાફ્ટ ઉપરનું વધુમાં વધુ (મેકસીમમ) ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ સરેરાશ ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટનું ૧¼ ગણું છે એમ માની લઈ શાફ્ટમાં ઉત્પન્ન થતું વધુમાં વધુ કપાઈ જવાનું જોર એટલે શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ શોધો.

સરેરાશ ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ $= T = \frac{12 \times 33000 \times H.P.}{2 \pi N}$

∴ વધુમાં વધુ ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ $= \frac{12 \times 33000 \times H.P.}{2 \pi N} \times 1\frac{1}{4}$

જો f = શાફ્ટમાં ઉત્પન્ન થતું વધુમાં વધુ (મેકસીમમ) શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ દર ચો. ઇંચ દીઠ પૌંડમાં હોય,

ત્યારે, વધુમાં વધુ ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ $= {\cdot}196\ D^3 f$

$$\therefore {\cdot}196\ D^3 f = \frac{12 \times 33000 \times H.\ P.}{2 \pi N} \times \frac{5}{4}$$

$$\therefore f = \frac{12 \times 33000 \times H.\ P. \times 5}{2 \pi N \times 4 \times {\cdot}196\ D^3}$$

$$= \frac{12 \times 33000 \times 1000 \times 5 \times 7}{2 \times 22 \times 60 \times 4 \times {\cdot}196 \times 8 \times 8 \times 8}$$

$= 13078{\cdot}9$ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ

દાખલો ૩૧.—એક નક્કર સ્ટીલની પ્રોપેલર શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૦૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૮૦૦૦ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે છે, તો તે શાફ્ટ ઉપર આવતાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ, આંચકા, વિગેરે ધ્યાનમાં લઈ ને અને વધુમાં વધુ ત્વીરતીંગ મોમેન્ટ સરેરાશ ત્વીરતીંગ મોમેન્ટનાં ૧·૫ લઈ તે શાફ્ટનો વ્યાસ નક્કી કરો. જો નક્કર શાફ્ટને બદલે પોકળ શાફ્ટ બેસાડવી હોય અને તેનો અંદરનો વ્યાસ બહારના વ્યાસનાં $\frac{૧}{૨}$ જેટલો રાખવાનો હોય તો નક્કર શાફ્ટ જેટલુંજ જોર પોકળ શાફ્ટ ખમી શકે એમ તે પોકળ શાફ્ટનો બહારનો વ્યાસ શોધો ?

નક્કર શાફ્ટ માટે—

$$\text{સરેરાશ } T = \frac{૧૨ \times 33000 \times H.P.}{૨\pi N}$$

$$\therefore \text{ વધુમાં વધુ (મેકસીમમ) } T = \frac{૧૨ \times 33000 \times H.P.}{૨\pi N} \times ૧\tfrac{૧}{૨}$$

$$\text{પણ } T = \cdot૧૯૬\ D^3 f \text{ છે.}$$

$$\therefore \cdot૧૯૬\ D^3 f = \frac{૧૨ \times 33000 \times H.P. \times 3}{૨\pi N \times ૨}$$

$$\therefore D^3 = \frac{૧૨ \times 33000 \times ૮000 \times 3 \times ૭}{૨ \times ૨૨ \times ૧00 \times ૨ \times \cdot૧૯૬ \times ૧૨000}$$

$$= 3૨૧૪\cdot3$$

$$\therefore D = \sqrt[3]{3૨૧૪\cdot3}$$

$$= ૧૪\cdot૭૫ \text{ ઇંચ}$$

પ્રોપેલર શાફ્ટ ઉપર આવતા આંચકા અને બેન્ડીંગ મોમેન્ટ, વિગેરે ધ્યાનમાં લેવાનાં છે, જે માટેના ગુણકની કિંમત જુદી જુદી જાતની શાફ્ટ માટેના ગુણક Cના કોઠામાં જોતાં જણાશે કે પ્રોપેલર શાફ્ટ માટે Cની કિંમત ૧·૧૩ છે.

$$D = C \times ૧૪\cdot૭૫$$

$$= ૧\cdot૧૩ \times ૧૪\cdot૭૫$$

$$= \underline{૧૬\cdot૬૭ \text{ ઇંચ}}$$

પોકળ શાફ્ટ માટે—

$$T = \cdot૧૯૬ \left(\frac{D^૪ - d^૪}{D}\right) f$$

પણ, વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ) $T = \frac{૧૨ \times 33000 \times H.P.}{૨\pi N} \times ૧\frac{૧}{૨}$.

$$\therefore \cdot૧૯૬ \left(\frac{D^૪ - d^૪}{D}\right) f = \frac{૧૨ \times 33000 \times H.P. \times 3}{૨\pi N \times ૨}$$

$$\therefore \frac{D^૪ - d^૪}{D} = \frac{૧૨ \times 33000 \times H.P. \times 3}{૨\pi N \times ૨ \times \cdot૧૯૬ f}$$

$$= \frac{૧૨ \times 33000 \times ૮000 \times 3 \times ૭}{૨ \times ૨૨ \times ૧00 \times ૨ \times \cdot૧૯૬ \times ૧૨000}$$

$$= 3૨૧૪\cdot3$$

$$\therefore \frac{D^૪ - \left(\frac{D}{૨}\right)^૪}{D} = 3૨૧૪\cdot3$$

$$\therefore \frac{D \times D^3}{D} - \frac{\frac{૧}{૨} D \times \frac{૧}{૨} D \times \frac{૧}{૨} D \times \frac{૧}{૨} D}{D} = 3૨૧૪\cdot3$$

$$\therefore D^3 - \frac{D^3}{૧૬} = 3૨૧૪\cdot3$$

$$\therefore \frac{૧૫}{૧૬} D^3 = 3૨૧૪\cdot3$$

$$\therefore D^3 = \frac{3૨૧૪\cdot3 \times ૧૬}{૧૫} = 3૪૨૮\cdot૬$$

$$\therefore D = \sqrt[3]{3૪૨૮\cdot૬} = ૧૫\cdot0૭$$

પણ આંચકા અને બેન્ડીંગ મોમેન્ટ, વિગેરે ધ્યાનમાં લેતાં—

$D = C \times ૧૫\cdot0૭ = ૧\cdot૧3 \times ૧૫\cdot0૭ =$ <u>૧૬·૭3 ઇંચ.</u>

દાખલો ૩૨.—એક શાફ્ટ જે દર મીનીટે ૧૩૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે તેનો વ્યાસ ૯½ ઇંચ છે, તો જ્યારે વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ) સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૬૦૦૦ પાંડ હોય ત્યારે તે શાફ્ટ વડે લઈ જવામાં આવતા હોર્સપાવર શોધો. આ શાફ્ટની

ફ્લેંજડ કપ્લીંગને ૨$\frac{3}{4}$ ઇંચ વ્યાસના ૬ બોલ્ટ છે જેનાં મધ્યો ૧૪$\frac{1}{8}$ ઇંચ વ્યાસનાં વર્તુલમાં આવેલાં છે, તો બોલ્ટો ઉપરનું સરેરાશ શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ શોધો.

$$\cdot ૧૯૬ D^3 f = \frac{૧૨ \times ૩૩૦૦૦ \times H.P.}{૨\pi N}$$

$$\therefore \ H.P. = \frac{\cdot ૧૯૬ D^3 f \times ૨\pi N}{૧૨ \times ૩૩૦૦૦}$$

$$= \frac{\cdot ૧૯૬ \times ૩૭ \times ૩૭ \times ૩૭ \times ૯૦૦૦ \times ૨ \times ૨૨ \times ૧૩૦}{૪ \times ૪ \times ૪ \times ૭ \times ૧૨ \times ૩૩૦૦૦}$$

$$= \underline{૨૮૮૦\cdot ૯}$$

એક બોલ્ટનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ $= \frac{૧૧}{૪} \times \frac{૧૧}{૪} \times \frac{૨૨}{૨૮}$

$= \frac{૧૩૩૧}{૨૨૪}$ ચોરસ ઇંચ.

$$P \times R = \frac{૧૨ \times ૩૩૦૦૦ \times H.P.}{૨\pi N}$$

$$\therefore \ P = \frac{૧૨ \times ૩૩૦૦૦ \times H.P.}{૨\pi N \times R}$$

$$= \frac{૧૨ \times ૩૩૦૦૦ \times ૨૮૮૦\cdot ૯ \times ૭ \times ૮ \times ૨}{૨ \times ૨૨ \times ૧૩૦ \times ૧૧૩}$$

સઘળા બોલ્ટ ઉપર આવતું જોર $= P = \frac{૨૯૦૩૯૪૭૨૦}{૧૪૬૯}$ પૌંડ

$\therefore$ એક બોલ્ટ ઉપર આવતું જોર $= \frac{૨૯૦૩૯૪૭૨૦}{૧૪૬૯ \times ૬}$ પૌંડ

$\therefore$ બોલ્ટનાં છેદચિત્રના દર ચોરસ ઇંચ ઉપર આવતું

શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ $= \frac{૨૯૦૩૯૪૭૨૦ \times ૨૨૪}{૧૪૬૯ \times ૬ \times ૧૩૩૧}$

$=$ <u>૫૫૪૪·૮ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ</u>

કારખાનામાં જુદાં જુદાં કામો માટે વપરાતી શાફ્ટીંગ્સ:—

હેડ શાફ્ટ (Head Shaft).—એન્જીન અથવા મોટર ઉપરથી બળ અને ગતિ મેળવતી પુલીને જે શાફ્ટ ઉપર બેસાડેલી હોય છે તે શાફ્ટને "હેડ શાફ્ટ" અથવા "સેકન્ડ મોશન શાફ્ટ" કહેવામાં આવે છે.

લાઈન શાફ્ટ (Line Shaft).—જે શાફ્ટ ઉપરથી તેની લંબાઈએથી આંતરે આંતરે મશીનોને ચલાવવા માટે બળ લેવામાં આવે છે, જેવી કે, મશીન શોપ, એન્જીનીયરીંગ વર્કસ, સુતર અને કાપડની મીલો, વિગેરેમાં વપરાય છે તેને "લાઈન શાફ્ટ" કહેવામાં આવે છે.

ત્રાન્સ્મીશન શાફ્ટ (Transmission Shaft).—જે શાફ્ટ માત્ર બળ લઈ જવા માટેજ વપરાય છે, અને જે ઉપર કશું પણ વળી જવાનું જોર (ત્રેન્સ્વર્સ સ્ત્રેન) આવતું નથી તે શાફ્ટને "ત્રાન્સ્મીશન શાફ્ટ" કહેવામાં આવે છે.

સારી જાતની માઇલ્ડ સ્ટીલ (નરમ પોલાદ)ની શાફ્ટ જેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકે તે શોધવા માટેના નિયમ નીચે પ્રમાણે છે:—

હેડ શાફ્ટ માટે—

શાફ્ટના વ્યાસનાં ઘનને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા વડે ગુણી જે ગુણાકાર આવે તેને નિયંત સંખ્યા ૧૦૦ વડે ભાગવા.

લાઈન શાફ્ટ માટે—

શાફ્ટના વ્યાસનાં ઘનને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા વડે ગુણી જે ગુણાકાર આવે તેને નિયંત સંખ્યા ૬૬$\frac{2}{3}$ વડે ભાગવા.

ત્રાન્સ્મીશન શાફ્ટ માટે—

શાફ્ટના વ્યાસનાં ઘનને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા વડે ગુણી જે ગુણાકાર આવે તેને નિયંત સંખ્યા ૫૦ વડે ભાગવા.

દર મીનીટે એક આંટાની ઝડપે ફરી માઇલ્ડ સ્ટીલની શાફ્ટીંગ જે હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકશે તેનો કોઠો:—

શાફ્ટનો વ્યાસ ઇંચમાં	હેડ શાફ્ટ માટે-દર આંટાં દીઠ હોર્સપાવર	લાઇનિ શાફ્ટ માટે–દર આંટા દીઠ હોર્સપાવર	ટ્રાન્સમીશન શાફ્ટ માટે— દર આંટા દીઠ હોર્સપાવર
૧½	·૦૪૩	·૦૫	·૦૬૭
૧¾	·૦૫૩	·૦૮૩	·૧૦૭
૨	·૦૮	·૧૨	·૧૬
૨¼	·૧૧૩	·૧૭	·૨૨૭
૨½	·૧૫૬	·૨૩૪	·૩૧૨
૨¾	·૨૦૭	·૩૧૧	·૪૧૫
૩	·૨૭	·૪૦૫	·૫૪
૩¼	·૩૪૩	·૫૧૪	·૬૮૬
૩½	·૪૨૮	·૬૪૩	·૮૫૭
૩¾	·૫૨૭	·૭૯૧	૧·૦૫૪
૪	·૬૪	·૯૬	૧·૨૮
૪¼	·૭૬૭	૧·૧૫૧	૧·૫૩૫
૪½	·૯૧૧	૧·૩૬૬	૧·૮૨૨
૪¾	૧·૦૭૧	૧·૬૦૭	૨·૧૪૩
૫	૧·૨૫	૧·૮૭૫	૨·૫
૫½	૧·૬૬૩	૨·૪૯૫	૩·૩૨૭
૬	૨·૧	૩·૨૪	૪·૩૨
૬½	૨·૭૪૬	૪·૧૧૯	૫·૪૯૨
૭	૩·૪૩	૫·૧૪૫	૬·૮૬
૭½	૪·૨૧૮	૬·૩૨૮	૮·૪૩૭
૮	૫·૧૨	૭·૬૮	૧૦·૨૪
૮½	૬·૧૪૧	૯·૨૧૧	૧૨·૨૮૨
૯	૭·૨૯	૧૦·૯૩૫	૧૪·૫૮
૯½	૮·૫૭૩	૧૨·૮૬	૧૭·૧૪૭
૧૦	૧૦·૦	૧૫·૦	૨૦ ૦
૧૦½	૧૧·૬૫૫	૧૭·૪૮૨	૨૩·૩૧
૧૧	૧૩·૩૧	૧૯·૯૬૫	૨૬·૬૨
૧૨	૧૭·૨૮	૨૫·૯૨	૩૪·૫૬

એકસરસાઇઝ ૬ઠી.

૧. એક નળાકાર બેાયલરનેા વ્યાસ ૭ ફુટ અને લંબાઈ ૨૮ ફુટ છે, અને તેમાં વરાળનું દબાણ દર ચેારસ ઇંચ દીઠ ૧૨૦ પેાંડ છે. શેલ પ્લેટની જાડાઈ ૩/૪ ઇંચ છે, તેા પ્લેટના પરિઘની દિશાનાં છેદચિત્ર ઉપર અને લંબાઇની દિશાનાં છેદચિત્ર ઉપર આવતાં સ્ટ્રેસ શેાધેા.

૨. ૧/૨ ઇંચ વ્યાસના સ્ટીલના પંચને ૩/૪ ઇંચ જાડી પ્લેટમાં વેહ પાડવા માટે વાપરવામાં આવ્યેા છે. જ્યારે પ્લેટની ધાતુનું શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ દર ચેારસ ઇંચ દીઠ ૩૫ ટન હેાય ત્યારે પંચને દબાવી પ્લેટમાં ચલાવવા માટે ઓછામાં ઓછાં કેટલાં દબાણની જરૂર પડશે તે શેાધેા. વળી પંચ ઉપર કેટલું સ્ટ્રેસ આવશે તે શેાધેા.

૩. એક ડબલ રીવેટેડ લેપ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જાડાઇ ૫/૮ ઇંચ છે, તેા તે માટે રીવેટનેા વ્યાસ નક્કી કરેા અને રીવેટેાનેા પીચ શેાધેા. શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસનાં ·૮ છે.

૪. બેવડી કવર પ્લેટ સાથના ડબલ રીવેટેડ બટ જોઇન્ટ વડે ૧૫/૧૬ ઇંચ જાડી બે સ્ટીલની પ્લેટને જોડવાની છે; તેા તે માટે રીવેટનેા વ્યાસ નક્કી કરેા અને રીવેટેાનેા પીચ શેાધેા. પ્લેટનું ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ દર ચેારસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન છે અને રીવેટનું શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ દર ચેારસ ઇંચ દીઠ ૨૩ ટન છે.

૫. એક સીંગલ રીવેટેડ લેપ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જાડાઇ ૧૧/૧૬ ઇંચ છે અને રીવેટનેા વ્યાસ ૭/૮ ઇંચ છે, તેા રીવેટેાનેા પીચ શેાધેા, અને આ સાંધાની એફીશીઅન્સી ટકામાં નક્કી કરેા. રીવેટનું શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસનાં ·૭૫ છે.

૬. એક ડબલ રીવેટેડ લેપ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ ૧૩/૧૬ ઇંચ છે, રીવેટનેા વ્યાસ ૧ ઇંચ છે, અને પીચ ૩ ૧/૨ ઇંચ છે, તેા તે સાંધાની એફીશીઅન્સી ટકામાં શેાધેા; અને જ્યારે આ સાંધેા પ્લેટનાં ચીરાઈ

જવાથી તૂટી જાય ત્યારે રીવેટો ઉપરનું ક્રશીંગ સ્ટ્રેસ (રીવેટને કચડી નાંખનારૂં જોર.) શોધો. પ્લેટનું ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન અને રીવેટનું શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૩ ટન છે.

૭. એક ટ્રેબલ રીવેટેડ લેપ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ $\frac{૧૩}{૧૬}$ ઇંચ છે અને રીવેટનો વ્યાસ ૧$\frac{૧}{૧૬}$ ઇંચ છે, તો રીવેટોનો પીચ અને સાંધાની એફીશીઅન્સી શોધો. વળી જ્યારે આ સાંધો પ્લેટનાં ચીરાઈ જવાથી તૂટી જાય ત્યારે રીવેટો ઉપર આવતું ક્રશીંગ સ્ટ્રેસ શોધો. પ્લેટનું ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ અને રીવેટનું શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ અનુક્રમે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન અને ૨૩ ટન છે.

૮. એક ડબલ રીવેટેડ સીંગલ કવર સાથના બટ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ $\frac{૧}{૨}$ ઇંચ છે, રીવેટનો વ્યાસ $\frac{૧૩}{૧૬}$ ઇંચ છે, અને પીચ ૨$\frac{૧}{૬}$ ઇંચ છે, તો તે સાંધાની એફીશીઅન્સી શોધો. $ft =$ ૨૮ ટન અને $fs =$ ૨૩ ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ છે.

૯. એક ડબલ રીવેટેડ ડબલ કવર પ્લેટ સાથના બટ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ $\frac{૩}{૪}$ ઇંચ છે, રીવેટનો વ્યાસ $\frac{૧૫}{૧૬}$ ઇંચ છે, તો પીચ અને સાંધાની એફીશીઅન્સી શોધો. $fs = $ ·૮ ft છે.

૧૦. બોર્ડ ઓફ ટ્રેડના નિયમ પ્રમાણે તૈયાર કરેલાં એક બોય-લરમાંના ડબલ રીવેટેડ ડબલ પ્લેટ સાથના બટ જોઇન્ટમાં પ્લેટની જાડાઈ ૧ ઇંચ છે, રીવેટનો વ્યાસ ૧$\frac{૧}{૪}$ ઇંચ છે, અને પીચ ૫ ઇંચ છે, તો તે સાંધાની એફીશીઅન્સી બોર્ડ ઓફ ટ્રેડના નિયમ પ્રમાણે શોધો. $fs =$ ·૭૫ ft છે.

૧૧. એક ઓપન લીંક (ખુલ્લી કડીવાળી) સાંકળને $\frac{૫}{૮}$ ઇંચ વ્યાસના નરમ પોલાદના ગોળ સળીયામાંથી બનાવેલી છે, તો તે સાંકળ ઉપર સલામતી સાથે કેટલું વજન લટકાવી શકાય તે શોધો, અને તે સાંકળનું દર ફુટ લંબાઈ દીઠ વજન શોધો.

૧૨. સારાં ઘડતર લોઢાંની બે શાફ્ટ જેના વ્યાસો ૨ ઇંચ અને ૪ ઇંચ છે તેમનાં સંબંધી વજનો અને અમળાઈ જવાની સામે થતાં જોરો શોધો. જો એક ઘન ઇંચ ઘડતર લોઢાંનું વજન ·૨૮ પૌંડ હોય તો દરેક શાફ્ટનું તેની એક ફુટ લંબાઈ દીઠ વજન શોધો.

૧૩. ૧½ ઇંચ, ૨½ ઇંચ, અને ૩ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ઉપર વધુમાં વધુ કેટલું ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ લાગુ પાડી શકાય?

૧૪. જો ૩ ઇંચ વ્યાસની એક શાફ્ટ વધુમાં વધુ ૨૧૬૦૦ ફુટ-પૌંડનાં રપ્ચરીંગ (તોડી નાંખનારાં) ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટની સામે ટકી શકે છે, તો ૧ ઇંચ, ૨ ઇંચ અને ૪ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ કેટલાં ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટની સામે ટકી શકશે તે શોધો.

૧૫. જો ઘડતર લોઢાંની એક ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ૧૨ ઇંચનાં લીવરને છેડે લાગુ પાડેલાં ૮૦૦ પૌંડનાં અમળાવી નાંખનારાં જોર વડે તૂટી જાય છે, તો તેજ ધાતુની ૩ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ૧૮ ઇંચનાં લીવરને છેડે લાગુ પાડેલાં કેટલાં જોર વડે તૂટી જશે?

૧૬. એક શાફ્ટ ઉપર બેસાડેલાં ૩ ફુટ વ્યાસનાં દાંતાનાં ચક્કરની પાચ લાઈન ઉપર ૯૦૦ પૌંડનું ચલાવનારૂં જોર પડે છે, તો ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ ઇંચ-પૌંડમાં શોધો. વળી જ્યારે વ્હીલ દર મીનીટે ૧૦૦ આંટાની ઝડપે ફરતું હોય ત્યારે એક મીનીટમાં મળી શકતું કામ શોધો.

૧૭. ધારો કે ૧ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ૨૦૦૦ પૌંડ-ઇંચનું તોર્ક એટલે ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો ૨½ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ કેટલું તોર્ક (અમળાવી નાંખનારૂં મોમેન્ટ) સલામતી સાથે ખમી શકશે? વળી જો છેલ્લી શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરે તો તે શાફ્ટ સલામતી સાથે કેટલા હોર્સપાવર લઇ જઈ શકશે?

૧૮. ૩ ઇંચ વ્યાસની એક શાફ્ટ ઉપર ૪૦ ઇંચ વ્યાસની પુલી ચાવીથી સજ્જડ કરેલી છે, તો તે પુલીની રીમ ઉપર વધુમાં વધુ કેટલું જોર લાગુ પાડી શકાશે?

૧૯. એક શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૬૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૨૫ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકે છે, તો તેજ શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૨૦ અને ૨૦૦ આંટા ફરી કેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકશે ?

૨૦. એક શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટા ફરી ૪૦ હોર્સપાવર બીજી શાફ્ટ ઉપર મોકલી શકે છે, તો ૬૦ હોર્સપાવર મોકલવા માટે તે શાફ્ટને દર મીનીટે કેટલા આંટાની ઝડપે ફેરવવી જોઇશે ?

૨૧. જો ૧$\frac{3}{4}$ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૪૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૧૨ હોર્સપાવર બીજી શાફ્ટને આપી શકે છે, તો ૩$\frac{1}{2}$ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ દર મીનીટે ૨૧૦ આંટાની ઝડપે ફરી કેટલા હોર્સપાવર આપી શકશે ?

૨૨. જો ૪ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ૧૨૦૦૦૦ પૌંડ-ઇંચનું તોર્ક અથવા ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો ૯ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ કેટલું તોર્ક ખમી શકશે ? જો પહેલી શાફ્ટ દર મીનીટે ૨૦૦ આંટાની ઝડપે ફરે તો તે કેટલા હોર્સપાવર આપી શકશે ? જો બીજી શાફ્ટ દર મીનીટે ૫૦ આંટાની ઝડપે ફરે તો તે કેટલા હોર્સપાવર આપી શકશે ?

૨૩. ૨ ઇંચ વ્યાસની એક શાફ્ટ ૧૬ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકે છે, તો આ શાફ્ટ દર મીનીટે જેટલા આંટાની ઝડપે ફરે છે તેનાથી અડધી ઝડપે ૩$\frac{1}{2}$ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ફરી કેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકશે, અને આગલી ઝડપથી ત્રણગણી ઝડપે ફરી કેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકશે ?

૨૪. દર મીનીટે ૧૦૦ આંટાની ઝડપે ફરતાં ૩ ફુટ વ્યાસનાં એક વ્હીલ વડે ચલાવવામાં આવતી ૨$\frac{1}{2}$ ઇંચ વ્યાસની ઘડતર લોઢાંની શાફ્ટ વડે કેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકાશે ? શાફ્ટ ઉપર સલામતી સાથે લઈ શકાતું જોર તોડી નાંખનારાં જોરનું $\frac{1}{10}$ છે.

૨૫. એક શાફ્ટ જ્યારે દર મીનીટે ૨૦૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે ત્યારે તે ઉપર ૧૬૦૦૦ ઇંચ-પૌંડનું ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ આવે છે, તો તે શાફ્ટ વડે સંચારણ કરવામાં આવતા હોર્સપાવર શોધો ?

૨૬. એક શાફ્ટ ઉપર ૨૦ ઇંચ વ્યાસની પુલી ચાવીથી સજ્જડ કરી તેની રીમ ઉપર ૫૦૦૦ પૌંડનું દબાણ અથવા જોર લાગુ પાડવાનું છે. જો ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ૬ લેવાનો હોય, તો તે શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઇએ તે શોધો ?

૨૭. બે શાફ્ટો જેમાંની એક નક્કર અને બીજી પોકળ છે તેનાં અમળાઈ જવાની સામે ટકી રહેવાનાં જોર અને વજનની સરખામણી કરો. નક્કર શાફ્ટનો વ્યાસ ૮ ઇંચ છે અને પોકળ શાફ્ટનો બહારનો વ્યાસ ૮ ઇંચ અને અંદરનો વ્યાસ ૫ ઇંચ છે.

૨૮. ૨૪૦૦૦ ઇંચ–પૌંડનાં ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ સામે ટકી રહેવા માટે શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઇએ ? શાફ્ટનાં છેદચિત્રનાં દર ચોરસ ઇંચ ઉપરનું શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ ૧૨૦૦૦ પૌંડ છે.

૨૯. એક ઘડતર લોઢાંની શાફ્ટ ઉપર ૩૦ ઇંચ વ્યાસની પુલી ચાવીથી સજ્જડ કરેલી છે અને તેની રીમ ઉપર ૬ ટનનું જોર લાગુ પાડવામાં આવે છે, તો આ પ્રમાણે ઉત્પન્ન થતું ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ ખમી શકવા માટે શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઇએ ?

૩૦. એક ઘડતર લોઢાંની પોકળ શાફ્ટ ઉપર ૩ ફુટ વ્યાસની પુલી ચાવીથી સજ્જડ કરેલી છે અને તેની રીમ ઉપર ૯ ટનનું જોર લાગુ પાડવામાં આવે છે, તો આ પ્રમાણે ઉત્પન્ન થતું ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ ખમી શકવા માટે આ પોકળ શાફ્ટનો બહારનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઇએ ? શાફ્ટનો અંદરનો વ્યાસ બહારના વ્યાસનો અડધો છે.

૩૧. એક ત્વીન સ્ક્રુ સ્ટીમર (બે પ્રોપેલરવાળી સ્ટીમર)ને ચલાવવા માટે સ્ક્રુ એટલે પ્રોપેલરને તે સ્ટીમરના ૪૪૮૦૦ પૌંડનો અવરોધ દુર કરવો પડે છે. સ્ટીમરની ઝડપ દર કલાકે ૨૦ નોટની છે. જો ત્વીન સ્ક્રુ શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરતી હોય તો દરેક સ્ક્રુ શાફ્ટ ઉપર આવતું ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ એટલે તોર્ક ઇંચ–ટનમાં શોધો.

૩૨. એક ઘડતર લોઢાંની શાફ્ટને દર મીનીટે ૨૦૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૩૦ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરવાનું છે, તો તે શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ?

૩૩. એક શાફ્ટ ૨૦ ટન–ઇંચનાં ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટને આધિન છે અને તે દર મીનીટે ૧૮૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, તો તે શાફ્ટ વડે લઈ જવામાં આવતા હોર્સપાવર શોધો.

૩૪. જો ૧૨ ઇંચ લાંબાં લીવરને છેડે ૮૦૦ પૌંડનું સ્ટ્રેસ ૧ ચોરસ ઇંચ છેદચિત્રના ઘડતર લોઢાંના સળીયાને સલામતી સાથે લાગુ પાડી શકાય, તો દર મીનીટે ૨૦૦ આંટાની ઝડપે ૩૦ ઇંચ વ્યાસની પુલીની રીમ ઉપર ૩ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ કેટલું જોર (effort) આપી શકશે ? વળી આ શાફ્ટ વડે લઈ જવામાં આવતા હોર્સપાવર શોધો.

૩૫. એક શાફ્ટ દર મીનીટે ૨૦૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૪૦ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરે છે, તો તે ઉપર આવતું ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટ અથવા તોર્ક શોધો.

૩૬. એક ક્રેનનાં બેરલનો વ્યાસ ૧૮ ઇંચ છે, અને તે ઉપર લપેટવામાં આવતાં તારનાં દોરડાં (વાયર રોપ) ઉપર ૩ ટનનું ખેંચાણ આવે છે. તારનાં દોરડાંનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે, તો જે શાફ્ટ ઉપર બેરલ સજ્જડ કરેલું છે તે શાફ્ટનો વ્યાસ શોધો. સલામતી સાથે લઈ શકાતું જોર તોડી નાંખનારાં જોરનાં $\frac{૧}{૬}$ છે.

૩૭. એક ઘડતર લોઢાંની શાફ્ટ દર મીનીટે ૨૫૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૨૦ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરે છે, તો તે શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ તે શોધો.

૩૮. જો ૧$\frac{૧}{૨}$ ઇંચ વ્યાસની એક શાફ્ટ દર મીનીટે ૮૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૧૫ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરે છે, તો દર મીનીટે ૧૨૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૨૫ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરવા માટે શાફ્ટનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ ?

૩૯. એક મરીન એન્જીનની સ્ક્રુ–શાફ્ટનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે, અને તે દર મીનીટે ૧૨૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે. આ સીંગલ સ્ક્રુ–શાફ્ટને બદલે ત્રીન સ્ક્રુ–શાફ્ટ ગોઠવવામાં આવી, જે દર મીનીટે ૧૮૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે. જો બન્ને બાબતમાં ઉત્પન્ન થતા હોર્સપાવર સરખા હોય, અને કાર્ય કરતાં સ્ટ્રેસ પણ સરખાં હોય, તો ત્રીન સ્ક્રુ–શાફ્ટમાંની દરેક શાફ્ટનો જોઈતો વ્યાસ શોધો, અને તેમનાં વજનો સરખાવો.

૪૦. ધારો કે ૧ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ૧૬૦૦ પૌંડ–ઇંચનાં ટર્નીંગ મોમેન્ટની સામે સલામતી સાથે ટકી શકે છે, તો તેજ ધાતુની ૩ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ કેટલાં ટર્નીંગ મોમેન્ટની સામે સલામતી સાથે ટકી શકશે? જો આ ૩ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૮૦ આંટાની ઝડપે ફરતી હોય અને સલામતી સાથે લઈ શકાતું શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨½ ટન હોય તો આ શાફ્ટ કેટલા હોર્સપાવર લઈ જઈ શકશે?

૪૧. બે શાફ્ટો જેમાંની એક નક્કર છે જેને ઘડતર લોઢાંની બનાવેલી છે અને બીજી પોકળ છે જેને સ્ટીલની બનાવેલી છે અને તેનો બહારનો વ્યાસ નક્કર શાફ્ટના જેટલોજ છે અને અંદરનો વ્યાસ બહારના વ્યાસના ⅔ જેટલો છે તેનાં જોરો અને વજનોની સરખામણી કરો. સ્ટીલનું સલામતી સાથે લઈ શકાતું જોર ઘડતર લોઢાંનાં સલામતી સાથે લઈ શકાતાં જોરનું ૧½ ગણું છે, તથા ઘડતર લોઢાં અને સ્ટીલની ડેન્સીટી (ઘટ્ટપણું) સરખાં છે એમ લેવાનું છે.

૪૨. એક સ્ટીમર જેનાં એન્જીન દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૨૦૦૦ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે છે તેની પ્રોપેલર શાફ્ટનો વ્યાસ ૮ ઇંચ છે. શાફ્ટ ઉપર માત્ર અમળાઈ જવાનું જોર આવે છે અને શાફ્ટ ઉપરનું વધુમાં વધુ ત્રીસ્તીંગ મોમેન્ટ સરેરાશ ત્રીસ્તીંગ મોમેન્ટનું ૧½ ગણું છે એમ માની લઈ શાફ્ટમાં ઉત્પન્ન થતું વધુમાં વધુ શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ શોધો.

૪૩. એક નક્કર સ્ટીલની પ્રોપેલર શાફ્ટ દર મીનીટે ૮૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૧૨૦૦૦ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે છે, તો તે શાફ્ટ ઉપર આવતું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ, આંચકા, વિગેરે ધ્યાનમાં લઈને તે શાફ્ટનો વ્યાસ નક્કી કરો. જો નક્કર શાફ્ટને બદલે પોકળ શાફ્ટ બેસાડવી હોય અને તેનો અંદરનો વ્યાસ બહારના વ્યાસના $\frac{2}{3}$ જેટલો રાખવાનો હોય તો નક્કર શાફ્ટ જેટલુંજ જોર પોકળ શાફ્ટ ખમી શકે એમ તે શાફ્ટનો બહારનો વ્યાસ શોધો. શાફ્ટનાં છેદચિત્રનાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ f=૧૩૫૦૦ પૌંડ લેવાનું છે.

૪૪. ૫ હોર્સપાવરનાં ડીલેવલ ટર્બાઇનની ટર્બાઇન-શાફ્ટનો વ્યાસ •૨૦૩ ઇંચ છે અને તેની ઝડપ દર મીનીટે ૩૦૦૦૦ આંટા છે, તો આ શાફ્ટ જ્યારે ૫ હોર્સપાવર આપે ત્યારે તે ઉપર આવતું વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ કેટલું હશે ?

૪૫. એક શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૨૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૧૦૦ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરે છે. સૌથી વધુમાં વધુ તોર્ક સરેરાશ તોર્કનું ૧•૪ ગણું છે, અને વધુમાં વધુ શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૯૫૦૦ પૌંડ છે, તો તે શાફ્ટનો વ્યાસ નક્કી કરો.

૪૬. એક શાફ્ટ જે દર મીનીટે ૧૩૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે તેનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે, તો જ્યારે વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૨૦૦૦ પૌંડ હોય ત્યારે તે શાફ્ટ વડે લઈ જવામાં આવતા હોર્સપાવર શોધો. આ શાફ્ટની ફ્લેંજડ કપ્લીંગને ૨$\frac{1}{2}$ ઇંચ વ્યાસના ૮ બોલ્ટ છે જેનાં મધ્યો ૨૭ ઇંચ વ્યાસનાં વર્તુલમાં આવેલાં છે, તો આ બોલ્ટો ઉપરનું સરેરાશ શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ શોધો.

૪૭. એક બીડની ફ્લેંજડ કપ્લીંગને ૧$\frac{1}{4}$ ઇંચ વ્યાસના ૬ બોલ્ટ છે. દરેક બોલ્ટની મધ્યરેખા શાફ્ટની મધ્યરેખાથી ૭$\frac{1}{2}$ ઇંચ દુર છે. શાફ્ટનો વ્યાસ ૫$\frac{1}{2}$ છે. જો ત્વીસ્તીંગ મોમેન્ટને લીધે શાફ્ટ ઉપરનું વધુમાં વધુ શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૦૦૦૦ પૌંડ હોય તો બોલ્ટો ઉપરનું સરેરાશ શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ કેટલું હશે ?

૪૮. જો ૨ ઇંચ વ્યાસની એક શાફ્ટ ૧૫૦૦૦ ઇંચ–પૌંડનું તોર્ક સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો તેજ ધાતુની ૫½ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ તેટલાજ ફેક્ટર ઓફ સેફટી સાથે કેટલું તોર્ક ખમી શકશે? દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરી પહેલી શાફ્ટ કેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકશે, અને બીજી શાફ્ટ ૬૦૦ હોર્સપાવરનું સંચારણ કરવા માટે દર મીનીટે કેટલી ઝડપે ફરવી જોઈશે?

૪૯. એક પોકળ શાફ્ટ જેનો બહારનો વ્યાસ ૧૮ ઇંચ અને અંદરનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે તે દર મીનીટે ૯૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે. જો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ ૧૦૦૦૦ પૌંડ હોય તો તે શાફ્ટ વડે લઈ જવામાં આવતા હોર્સપાવર શોધો?

૫૦. એક પોકળ સ્ટીલની શાફ્ટ જેનો બહારનો વ્યાસ D છે અને અંદરનો વ્યાસ ૩/૫ D છે તે માત્ર અમળાઈ જવાનેજ આધિન છે, અને દર મીનીટે ૧૧૦ આંટાની ઝડપે ફરી ૮૦૦૦ હોર્સપાવર લઈ જાય છે, તો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ વધુમાં વધુ શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ ૯૦૦૦ પૌંડ લઈ D શોધો.

૫૧. એક નક્કર ઘડતર લોઢાંની શાફ્ટને બદલે મુકવા માટે તેજ વ્યાસની પોકળ સ્ટીલની શાફ્ટ બનાવવામાં આવી છે. ઘડતર લોઢાં કરતાં સ્ટીલની શાફ્ટ ૩૫ ટકા જેટલી વધારે મજબુત છે, તો પોકળ શાફ્ટનો અંદરનો વ્યાસ બહારના વ્યાસનો કેટલો અપૂર્ણાંક હોવો જોઈએ? કપ્લીંગ ધ્યાનમાં ન લેતાં જો ઘડતર લોઢાં કરતાં સ્ટીલ ૨ ટકા જેટલું ભારે હોય, તો નક્કર શાફ્ટને બદલે પોકળ શાફ્ટ મુકવાથી વજનનો કેટલા ટકા બચાવ થશે તે શોધો.

૫૨. એક નક્કર શાફ્ટ જેનું જોર એકજ સરખાં ટ્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટ સાથે તેજ ધાતુની બનાવેલી એક પોકળ શાફ્ટ જેનો બહારનો વ્યાસ ૯ ઇંચ અને અંદરનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે તેનાં જેટલુંજ છે, તો નક્કર શાફ્ટનો વ્યાસ શોધો. વળી બન્ને શાફ્ટમાંનાં વધુમાં વધુ શીઅરીંગ સ્ટ્રેસનું પ્રમાણ શોધો.

૫૩. માઈલ્ડ સ્ટીલની એક શાફ્ટનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે. જો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૦૦૦૦ પૌંડનું શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ સલામતી સાથે લેવા દેવામાં આવે તો તે શાફ્ટ ઉપર કેટલું તોર્ક લાગુ પાડી શકાય ?

૫૪. દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૯૦૦૦ પૌંડનાં શીઅર સ્ટ્રેસ સાથે ૧૨૦૦૦ પૌંડ–ઇંચનું તોર્ક ખમી શકવા માટે શાફ્ટનો વ્યાસ નક્કી કરો.

૫૫. એક પોકળ શાફ્ટ જેનો બહારનો વ્યાસ ૧૮ ઇંચ અને અંદરનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે તે ઉપર કેટલું તોર્ક લાગુ પાડી શકાશે ? સલામતી સાથે લઈ શકાતું શીઅર સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪·૫ ટન છે.

૫૬. એક નક્કર શાફ્ટનું વજન અને લંબાઈ દાખલા ૫૫માં આપેલી શાફ્ટનાં જેટલુંજ છે અને તેને સરખી જાતની ધાતુની બનાવેલી છે, તો તે નક્કર શાફ્ટ ઉપર સલામતી સાથે લાગુ પાડી શકાતું તોર્ક નક્કી કરો, અને પોકળ તથા નક્કર શાફ્ટ માટેનાં તોર્કનું પ્રમાણ આપો.

૫૭. એક નળીનો બહારનો વ્યાસ ૩ ઇંચ છે અને તેની ધાતુની જાડાઈ ·૧૨૫ ઇંચ છે. જો શીઅરીંગ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૦૦૦૦ પૌંડથી વધુ લેવા દેવામાં ન આવે તો તે નળી ઉપર કેટલું તોર્ક લાગુ પાડી શકાશે ?

૫૮. એક સ્ટીલનાં નળાકાર બોયલરનો વ્યાસ ૬ ફૂટ અને લંબાઈ ૨૦ ફૂટ છે. આ બોયલરમાં શેલ પ્લેટની જાડાઈ ૧૧/૧૬ ઇંચ છે, અને સાંધાની એફીશીઅન્સી ૮૦ ટકા છે. જો સ્ટીલની પ્લેટનું ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેંગ્થ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮ ટન હોય અને ફેક્ટર ઑફ સેફ્ટી ૬ લેવાનો હોય, તો તે બોયલરમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ સલામતી સાથે કાર્ય કરતું કેટલું દબાણ લઈ શકાશે ?

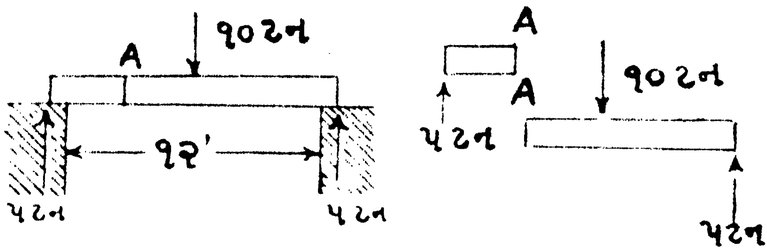
પ્રકરણ ૭મું.

બીમ્સ (Beams)

બીમ ઉપરનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (વલનમાન) અને શીઅરીંગ ફોર્સ (ભંજન જોર.)—બીમ કોઈપણ સ્ટ્રક્ચર (રચના)નો ભાગ છે જેને તેની લંબાઈને આડે (ટ્રેન્સ્વર્સલી) લાગુ પાડેલા લોડ ટેકવવા માટે ઘણું કરીને આડી (હોરીઝોન્ટલ) દિશામાં ટેકવવામાં આવે છે. "બીમ" અથવા "જોઈસ્ટ" (Joist) સંજ્ઞા ઘણું કરીને મધ્ય કદનાં અને પદાર્થના એકજ ટુકડાનાં બનાવેલાં સ્ટ્રક્ચરને લાગુ પડે છે, જેવાં કે, મકાન, વિગેરેના માળો ટેકવવા માટે વપરાતા લાકડાંના (ટીમ્બર) બીમ અથવા જોઈસ્ટ, અથવા વારંવાર વપરાતા રોલ્ડ સ્ટીલ બીમ. વધારે મોટા કદના અને જુદા જુદા ભાગોને એકેકની સાથે જોડીને બનાવેલા બીમ જે વારંવાર પુલો બાંધવામાં વપરાય છે તેને "ગર્ડર" (Girder) કહેવામાં આવે છે. બીમ ઉપર જે સ્ટ્રેસ આવે છે તે શીઅરીંગ (કાપીને તોડી નાંખનારાં) અને બેન્ડીંગ (વાળી નાંખનારાં) સ્ટ્રેસ હોય છે. આ સ્ટ્રેસીસ બીમની લંબાઈને કાટખૂણે બીમ ઉપર કાર્ય કરતાં જોરો (Forces)ને લીધે હોય છે અને તેટલા માટે તેમને "ટ્રેન્સ્વર્સ સ્ટ્રેસીસ" કહેવામાં આવે છે.

બીમનાં કોઈ પણ છેદચિત્ર આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ B. M.ને તે છેદચિત્રનાં જમણા અથવા ડાબા હાથ ઉપરનાં તે બીમના ભાગને

ફેરવવાનું વલણ કરતાં લાગુ પાડેલાં જોરોનાં તે છેદચિત્રની આસપાસનાં મોમેન્ટ વડે માપવામાં આવે છે. દાખલા તરીકે, આકૃતિ ૩૪માં બતાવેલા એક બીમને ૧૨ ફુટને અંતરે આવેલા ટેકાઓ ઉપર ટેકવેલો



આકૃતિ ૩૪.

છે અને આ ૧૨ ફુટનાં સ્પેન (span)નાં મધ્યમાં તે બીમ ઉપર ૧૦ ટનનું વજન લાગુ પાડેલું છે, ત્યારે તે બીમનાં મધ્યનાં છેદચિત્ર આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ B. M.ને તે છેદચિત્રનાં જમણા હાથ ઉપર અથવા ડાબા હાથ ઉપર કાર્ય કરતાં જોરોને લક્ષમાં લઈને શોધી શકાશે. જો આપણે બીમનું વજન (જે સમાન છેદચિત્રવાળા બીમમાં મધ્યમાં કાર્ય કરે છે) ધ્યાનમાં ન લઈએ તો ગમે તે એક બાજુ ઉપર ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું જોર માત્ર એકજ છે, અને મધ્યનાં છેદચિત્રની આસપાસનું તેનું મોમેન્ટ = ૫ × ૬ = ૩૦ ટન–ફુટ છે. તેટલા માટે મધ્યનાં છેદચિત્ર આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (B. M.) ૩૦ ટન–ફુટ (અથવા ફુટ–ટન) છે. ડાબા હાથના ટેકાથી ૩ ફુટ દુર આવેલાં A આગળનાં છેદચિત્ર આસપાસનું મોમેન્ટ નીચે પ્રમાણે શોધી શકાશે— જો આપણે બીમનો ડાબા હાથ તરફનો ભાગ લક્ષમાં લઈએ તો તે બાજુ ઉપર ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું ૫ટનનું માત્ર એકજ જોર છે, અને A આસપાસનું તેનું મોમેન્ટ = ૫ × ૩ = ૧૫ ટન–ફુટ છે. જો આપણે જમણા હાથ તરફનો ભાગ લક્ષમાં લઈએ તો તે બાજુ ઉપર બે જોરો કાર્ય કરે છે જેમાંનું એક ૫ ટનનું ઉપલી દિશામાં અને બીજું ૧૦ ટનનું નીચલી દિશામા કાર્ય કરે છે. A આસપાસનાં તેમનાં

મોમેન્ટ એક બીજાથી વિરૂદ્ધ છે, ત્યારે A આસપાસનું કુલ મોમેન્ટ = (૫ × ૯) – (૧૦ × ૩) = ૪૫ – ૩૦ = ૧૫ ટન–ફુટ છે, જે આગળ નક્કી કર્યા જેટલું જ છે. તેટલા માટે A આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (B. M.) ૧૫ ટન–ફુટ છે.

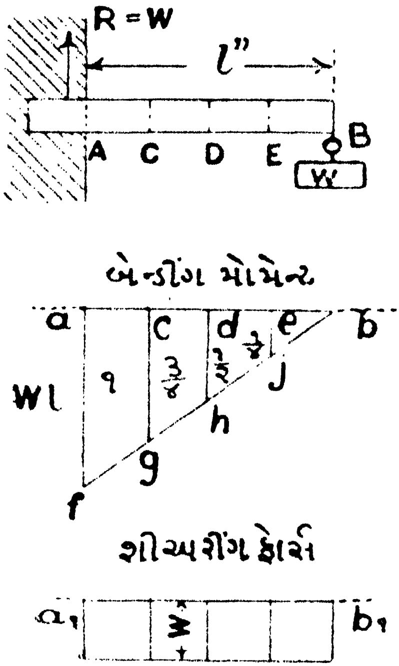
તેટલા માટે કોઈપણ આપેલા દાખલામાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ નીચે પ્રમાણે શોધવું:—પહેલાં, આપેલા લોડ અને માપો ઉપરથી ટેકાઓ ઉપરનાં પ્રતિકાર્ય (reactions) નક્કી કરવાં; ત્યારપછી કોઈપણ છેદચિત્ર આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધવા માટે બીમનાં ગમે તો જમણી તરફના અથવા તો ડાબી તરફના ભાગ ઉપર કાર્ય કરતાં સઘળાં જોરોનાં તે છેદચિત્ર આસપાસનાં મોમેન્ટનો બીજ ગણિતને લગતો (એલજીબ્રેક) સરવાળો નક્કી કરવો, જે સરવાળો તે છેદચિત્ર (સેકશન) આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ છે. ટુંકમાં કહીએ તો બીમનાં કોઈપણ છેદચિત્ર આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (B. M.) તે છેદચિત્રની કોઈ પણ એક બાજુએ કાર્ય કરતાં સઘળાં બહારનાં જોરોનાં મોમેન્ટનો બીજ ગણિતને લગતો (એલજીબ્રેક) સરવાળો છે.

બીમનાં કોઈ પણ છેદચિત્ર આગળનો કુલ શીઅરીંગ ફોર્સ (ભંજન જોર) બીમનાં ગમે તો જમણી તરફના અથવા તો ડાબી તરફના ભાગ ઉપર કાર્ય કરતાં સઘળાં લાગુ પાડેલાં જોર (ફોર્સીસ)નો બીજગણિતને લગતો (એલજીબ્રેક) સરવાળો છે. ટુંકમાં કહીએ તો શીઅરીંગ ફોર્સ બીમનાં છેદચિત્રની કોઈપણ એક બાજુ ઉપર કાર્ય કરતાં સઘળાં જોરોનો બીજગણિતને લગતો (એલજીબ્રેક) સરવાળો છે.

એક છેડે સજ્જડ કરેલા અને વજન અથવા લોડ ટેકવવા માટે કાટખૂણે બહાર નીકળી આવેલા બીમને "કેન્ટીલીવર" (cantilever) કહેવામાં આવે છે.

બીમના સાદા દાખલાઓમાંનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (વલનમાન):—

૧. છેડા ઉપર લાધેલા લોડ સાથનો કેન્ટીલીવર.— આકૃતિ ૩૫માં A B બીમ છે જેને A આગળ સજ્જડ કરેલો છે, W લોડ છે જે પૌંડમાં છે અને જેને છુટા છેડા B આગળ ટકવેલો છે. Aની તરતજ નજદીકથી બીમ તૂટી જશે. Aની આગળ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ સૌથી વધુમાં વધુ (મેકસીમમ) છે, અને તે $W\,l$ ઇંચ–પૌંડ અથવા પૌંડ–ઇંચ છે; છેદચિત્ર C આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= W \times \frac{3}{4} l = \frac{3}{4} W\,l$ ઇંચ–પૌંડ; છેદચિત્ર D આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= W \times \frac{1}{2} l = \frac{1}{2} W\,l$ ઇંચ–પૌંડ; અને છેદચિત્ર E આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= W \times \frac{1}{4} l = \frac{1}{4} W\,l$ ઇંચ–પૌંડ છે; અને B આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= W \times O = O$ છે.



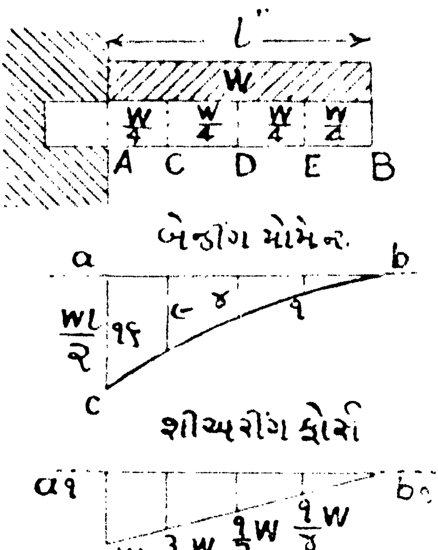
આકૃતિ ૩૫

તેટલા માટે જુદાં જુદાં છેદચિત્ર આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટને પાયાની લીટી $a\,b$ ઉપર તેની નીચલી બાજુએ દોરેલી ઉભી લીટીઓ (ઓરડીનેટ્સ ordinates) વડે નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય. A આગળ B. M. $= W\,l \times 1$, C આગળ B. M. $= W\,l \times \frac{3}{4}$, D આગળ B. M. $= W\,l \times \frac{1}{2}$, E આગળ B. M. $= W\,l \times \frac{1}{4}$, અને B આગળ B. M. $= O$ છે. આ ઉભી લીટીઓ બેન્ડીંગ મોમેન્ટના ડાયગ્રામ ઉપર f, g, h, j, અને b આગળ દેખાડી છે.

શીઅરીંગ ફોર્સ (ભંજનં જોર) વજન અને પ્રતિકાર્યનાં પરસ્પર કાર્યને લીધે ઉત્પન્ન થાય છે અને તે A અને B વચ્ચેનાં કોઇપણ

છેદચિત્ર ઉપરનાં Wની બરાબર થશે. નિયમિતપણા માટે આપણે હમેશાં તે છેદચિત્રની માત્ર જમણી બાજુ ઉપરનું જોર લક્ષમાં લઈશું, તેથી અત્રે શીઅરીંગ ફોર્સ દર્શાવનારી ઉભી લીટીઓ a_1 b_1 લીટીની ઉપર નીચલી બાજુએ દોરવામાં આવે છે અને તે દરેક બાબતમાં Wની બરાબર છે.

૨. સમાન રીતે આખી લંબાઈએ વહેંચીને લાધેલા લોડ સાથનો કેન્ટીલીવર.—આકૃતિ ૩૬માં A B બીમ છે જેને



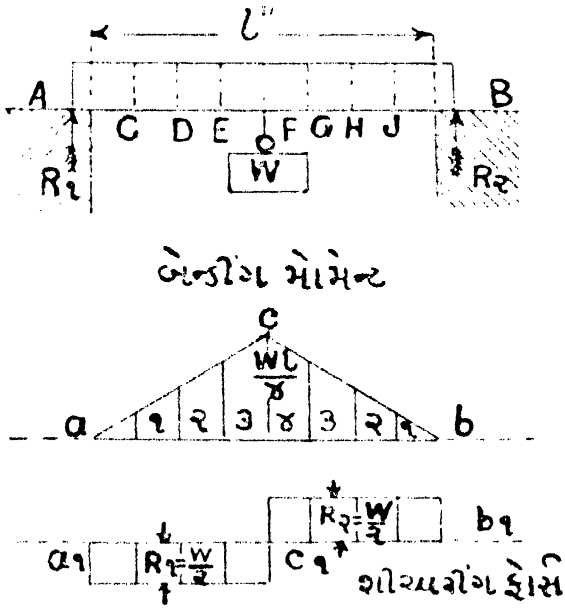
આકૃતિ ૩૬

A આગળ સજ્જડ કરેલો છે, અને W લોડ છે જેને બીમની આખી લંબાઈએ સમાન રીતે વહેંચીને લાધેલો છે. આવી રીતે લાધેલો લોડ અથવા વજન જાણે તેટલુંજ વજન બીમનાં મધ્યબિંદુ આગળ કાર્ય કરતું હોય તેની બરાબર છે, માટે સૌથી વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ) બેન્ડીંગ મોમેન્ટ જે A આગળ છે તે $W \times \frac{l}{૨} = \frac{W l}{૨}$ ઇંચ-પૌંડ છે; છેદચિત્ર C આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= \frac{૩}{૪} W \times \frac{૩}{૮} l = \frac{૯}{૩૨} W l$ ઇંચ-પૌંડ છે; છેદચિત્ર D આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= \frac{W}{૨} \times \frac{l}{૪} = \frac{W l}{૮}$ ઇંચ-પૌંડ છે; E આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= \frac{W}{૪} \times \frac{l}{૪} = \frac{W l}{૩૨}$ ઇંચ-પૌંડ છે; અને B આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ = O છે. આ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ ડાયગ્રામ વડે દર્શાવ્યાં છે, અને પાયા a b આગળ ઉભી લીટીઓ આડી લીટીનાં વર્ગનાં પ્રમાણમાં

ફેરફાર થાય છે, માટે જે વાંક મળશે તે વર્ટેક્સ (vertex શિરોબિંદુ) તરીકે b સાથે શંકુ આકૃતિનો વાંક જેને "પેરેબોલા" (Parabola) કહેવામાં આવે છે તે મળશે.

છેદચિત્ર Aની જમણી બાજુ ઉપરનો શીઅરીંગ ફોર્સ $=W$, છેદચિત્ર C આગળ શીઅરીંગ ફોર્સ $\frac{3}{4}$ W છે, છેદચિત્ર D આગળ $\frac{W}{2}$ છે, છેદચિત્ર E આગળ $\frac{W}{4}$ છે, અને છેદચિત્ર B આગળ સૂન્ય છે કે જેમ a_1 b_1 લીટી ઉપર ડાયગ્રામ વડે દર્શાવ્યું છે.

૩. મધ્યમાં લાધેલા લોડ સાથનો બન્ને છેડે માત્ર ટેકવેલો બીમ.—આકૃતિ ૩૭માં બીમ ABને બન્ને છેડે માત્ર ટેકવી તેનાં મધ્ય F આગળ લોડ W લાધ્યો છે, જેથી સૌથી



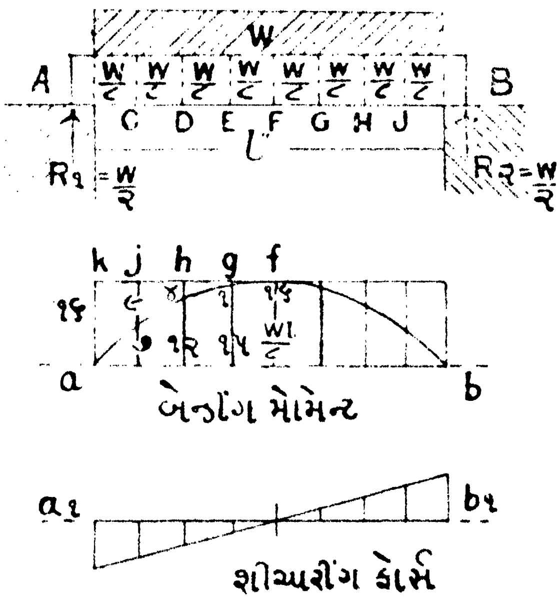
આકૃતિ ૩૭.

વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ) બેન્ડીંગ મોમેન્ટ મધ્યમાં F બિંદુ આગળ આવશે અને તેજ બિંદુએ બીમ તૂટી જશે. દરેક ટેકા ઉપરનું દબાણ

અથવા લોડ Wને લીધે થતું પ્રતિકાર્ય (reaction) $\frac{W}{૨}$ છે; બીમનાં મધ્ય F આગળનાં છેદચિત્રની દરેક બાજુએ બીમ ઉપર કાર્ય કરતું જોર (force) આ છે, અને તે છેદચિત્ર સુધીનો તે જોરનો લીવરેજ $\frac{l}{૨}$ છે; તેટલા માટે મધ્ય F આગળનું સૌથી વધુમાં વધુ (મેક્સીમમ) બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= \frac{W}{૨} \times \frac{l}{૨} = \frac{Wl}{૪}$ ઇંચ–પોંડ છે. છેદચિત્ર C આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= \frac{W}{૨} \times \frac{l}{૮} = \frac{Wl}{૧૬}$ ઇંચ–પોંડ, છેદચિત્ર D આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= \frac{W}{૨} \times \frac{l}{૪} = \frac{Wl}{૮}$ ઇંચ–પોંડ, છેદચિત્ર E આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= \frac{W}{૨} \times \frac{૩}{૮}l = \frac{૩}{૧૬}Wl$ ઇંચ–પોંડ, અને છેદચિત્ર F એટલે મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= \frac{W}{૨} \times \frac{l}{૨} = \frac{Wl}{૪}$ ઇંચ–પોંડ છે. એજ પ્રમાણે બીમની જમણી બાજુ ઉપરનું પ્રતિકાર્ય અથવા કાર્ય કરતું જોર $\frac{W}{૨}$ લઈને છેદચિત્ર J, H, અને G આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધી શકાશે. બેન્ડીંગ મોમેન્ટનો ડાયગ્રામ આગળના દાખલાઓમાં વર્ણવ્યા પ્રમાણે દોરેલા બતાવ્યા છે.

શીઅરીંગ ફોર્સને વજન અને પ્રતિકાર્યની બાદબાકી કરીને શોધવામાં આવે છે. હમેશાં છેદચિત્રની જમણી બાજુ ધ્યાનમાં લેતાં Aથી F સુધી જોર નિયંત છે અને તે જોર Wના જે ભાગ પ્રતિકાર્ય $R_૧$ને સમતોલ કરે છે તે ભાગ છે અથવા નીચલી દિશામાં $\frac{W}{૨}$ છે. Fથી B સુધી તે જોર નિયંત છે અને તે ઉપલી દિશામાં $R_૨$ની બરાબર છે. $C_૧$ આગળ જોરો ઓચિંતાં બદલાઈને પોઝીટીવ (+) ઉપરથી નેગેટીવ (−) થાય છે.

૪. સમાન રીતે આખી લંબાઈએ વહેંચીને લાધેલા લોડ સાથનો બન્ને છેડે ટેકવેલો બીમ.—આકૃતિ ૩૮માં બીમ ABને બન્ને છેડે ટેકવી તેની આખી લંબાઈએ લોડ Wને સમાન રીતે વહેંચીને લાધવામાં આવ્યો છે. જ્યાં આગળ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ સૌથી વધુ (મેક્સીમમ) છે ત્યાંથી બીમ ભાંગી જશે એટલે મધ્ય F આગળથી બીમ તૂટી જશે. દરેક ટેકા ઉપરનું દબાણ અથવા લોડ Wને લીધે થતું પ્રતિકાર્ય $\frac{W}{૨}$ છે, જે ઉપરની દિશામાં કાર્ય કરે છે અને જેનો લીવરેજ $\frac{l}{૨}$ છે. આ પ્રતિકાર્ય મધ્ય F આગળનાં છેદચિત્રની એક બાજુએ કાર્ય કરતાં જોરો પૈકીનો માત્ર એકજ છે. એ ઉપરાંત પ્રતિકાર્યની



આકૃતિ ૩૮.

વિરૂદ્ધ દિશામાં કાર્ય કરતું એક બીજું જોર છે જે તેનાં મધ્યમાં કાર્ય કરતાં જોર $\frac{W}{૨}$ને લીધે છે, અથવા તો મધ્ય F સુધી ગણતાં તે

જોરનો લીવરેજ $\frac{l}{૪}$ થાય છે, તેથી મધ્ય F આગળનાં છેદચિત્રનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $=\left(\frac{W}{૨}\times\frac{l}{૨}\right)-\left(\frac{W}{૨}\times\frac{l}{૪}\right)=\frac{Wl}{૪}-\frac{Wl}{૮}=\frac{Wl}{૮}$ ઇંચ–પૌંડ છે, જે સૌથી વધુ (મેકસીમમ) છે. છેદચિત્ર C આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $=\left(\frac{W}{૨}\times\frac{l}{૮}\right)-\left(\frac{W}{૮}\times\frac{l}{૧૬}\right)=\frac{Wl}{૧૬}-\frac{Wl}{૧૨૮}$ $=\frac{૭}{૧૨૮}Wl$ ઇંચ–પૌંડ; છેદચિત્ર D આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $=\left(\frac{W}{૨}\times\frac{l}{૪}\right)-\left(\frac{W}{૪}\times\frac{l}{૮}\right)=\frac{Wl}{૮}-\frac{Wl}{૩૨}=\frac{૩}{૩૨}Wl$ ઇં.-પૌંડ; E આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $=\left(\frac{W}{૨}\times\frac{૩}{૮}l\right)-\left(\frac{૩}{૮}W\times\frac{૩}{૧૬}l\right)$ $=\frac{૩Wl}{૧૬}-\frac{૯Wl}{૧૨૮}=\frac{૧૫}{૧૨૮}Wl$ ઇંચ–પૌંડ; અને છેદચિત્ર F આગળનું એટલે મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $=\left(\frac{W}{૨}\times\frac{l}{૨}\right)-\left(\frac{W}{૨}\times\frac{l}{૪}\right)=\frac{Wl}{૪}-\frac{Wl}{૮}=\frac{૧}{૮}Wl$ ઇંચ–પૌંડ છે. એજ પ્રમાણે બિંદુઓ G, H, અને J ઉપરનાં છેદચિત્ર આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધી શકાશે. દાખલા તરીકે, G આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ ઉપર કર્યું તેમ બીમના ડાબા હાથ તરફના ભાગ લક્ષમાં લઇ શોધીએ તો G આગળનાં છેદચિત્રના ડાબી તરફના ભાગ ઉપર કાર્ય કરતાં સઘળાં જોરોનાં મોમેન્ટનો એલજીબ્રેક સરવાળો તે છેદચિત્ર આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ આપશે; તેટલા માટે છેદચિત્ર G આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $=\left(\frac{W}{૨}\times\frac{૫}{૮}l\right)-\left(\frac{૫}{૮}W\times\frac{૫}{૧૬}l\right)$ $=\frac{૫Wl}{૧૬}-\frac{૨૫Wl}{૧૨૮}=\frac{૧૫}{૧૨૮}Wl$ ઇંચ–પૌંડ છે. જો G ઉપરનાં છેદ-

ચિત્રની જમણી તરફનો ભાગ લક્ષમાં લઇએ તો તે તરફના ભાગ ઉપર કાર્ય કરતાં સઘળાં જોરોનાં મોમેન્ટના એલજીબ્રેક સરવાળા બરાબર બેન્ડીંગ મોમેન્ટ થશે; તેટલા માટે જમણી તરફનો ભાગ લક્ષમાં લેતાં છેદચિત્ર G આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= \left(\frac{W}{૨} \times \frac{૩}{૮} l \right) -$

$\left(\frac{૩}{૮} W \times \frac{૩}{૧૬} l \right) = \frac{૩Wl}{૧૬} - \frac{૯Wl}{૧૨૮} = \frac{૧૫}{૧૨૮}$ Wl ઇંચ-પૌંડ છે, અને એજ પ્રમાણે H અને J ઉપરનાં છેદચિત્રની કોઈ પણ એક બાજુ ધ્યાનમાં લઇને તે ઉપરનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધી શકાશે.

બેન્ડીંગ મોમેન્ટના ડાયગ્રામમાં પાયા $a\,b$ ઉપર સઘળાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ દર્શાવ્યાં છે. આડી લીટી $f\,k$ દોરવાથી આકૃતિમાં દેખાડયા પ્રમાણે fk અને af વચ્ચે આવતાં અંતરો આકૃતિ ૩૬માં જેમ દેખાડયું છે તેમ ફેરફાર થતાં માલમ પડે છે, અને તેટલા માટે જે વાંક (કર્વ) મળે છે તે f આગળ વર્ટેક્સ સાથનો "પેરેબોલા" છે.

શીઅરીંગ ફોર્સને દરેક છેદચિત્રની જમણી બાજુ ઉપરનાં ઉપલી દિશાનાં અને નીચલી દિશાનાં જોરોની બાદબાકી કરીને શોધી શકાય છે. આ નીચે પ્રમાણે છે:—

A આગળ શીઅરીંગ ફોર્સ $= W - \frac{W}{૨} = \frac{W}{૨}$ છે, જે નીચલી દીશામાં એટલે પોઝીટીવ છે.

C „ „ „ $= \frac{૭}{૮}W - \frac{W}{૨} = \frac{૩}{૮}W$ છે, „ „ „

D „ „ „ $= \frac{૩}{૪}W - \frac{W}{૨} = \frac{W}{૪}$ છે, „ „ „

E „ „ „ $= \frac{૫}{૮}W - \frac{W}{૨} = \frac{W}{૮}$ છે, „ „ „

F „ „ „ $= \frac{W}{૨} - \frac{W}{૨} = ૦$ છે, „ „ „

G „ „ „ $= \frac{૩}{૮}W - \frac{W}{૨} = -\frac{W}{૮}$ છે, જે ઉપલી દિશામાં એટલે નેગેટીવ છે.

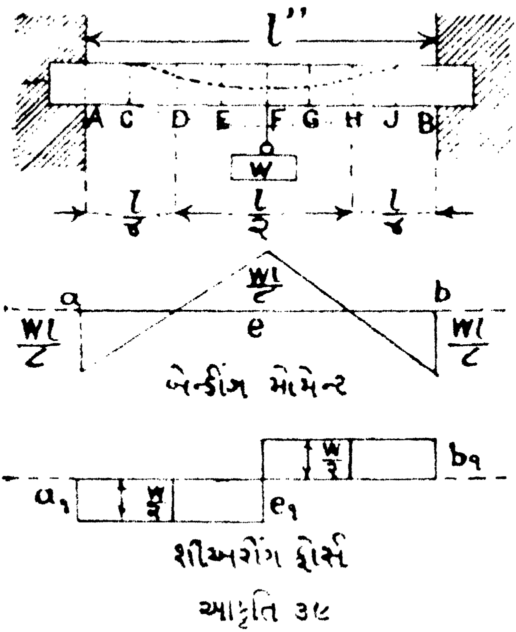
H „ „ „ $= \frac{W}{૪} - \frac{W}{૨} = -\frac{W}{૪}$ છે, „ „ „

J „ „ „ $= \frac{W}{૮} - \frac{W}{૨} = -\frac{૩}{૮}W$ છે, „ „ „

B „ „ „ $= -\frac{W}{૨} = -\frac{W}{૨}$ છે, „ „ „

મધ્ય F આગળ કાંઈ પણ જોર નથી.

૫. મધ્યમાં લાધેલા લેાડ સાથનેા બન્ને છેડે સજ્જડ કરેલેા બીમ.—આકૃતિ ૩૯માં બીમ A B ને બન્ને છેડા આગળથી સજ્જડ કરી તેનાં મધ્ય F આગળ લેાડ Wને લાધ્યેા છે. લેાડ Wને લીધે બીમ અંકિત લીટી વડે દેખાડ્યા પ્રમાણે નીચે નમી જશે એટલે વાંકેા વળી જશે, જેથી A D અને B H કેન્ટીલીવર તરીકે કાર્ય કરશે, અને D H ટેકવેલા ગર્ડર તરીકે કાર્ય કરશે. Dથી H સુધી બેન્ડીંગ મેામેન્ટ ઉપલી દિશામાં છે, અને Aથી D તથા Bથી H સુધી નીચલી દિશામાં છે, જે D અને H આગળ શૂન્ય છે. આ D અને H બિંદુઓ વળી જવાની સામે થનારાં (counterflexure) બિંદુઓ છે, અને તેઓ છેડાથી $\frac{૧}{૪}l$ ને અંતરે છે. સાૈથી વધુ (મેક્સીમમ) બેન્ડીંગ મેામેન્ટ નીચે પ્રમાણે શેાધી શકાશે:—



આકૃતિ ૩૯

મધ્ય F આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ = ઘણું કરીને $\frac{Wl}{૪} = \frac{\frac{Wl}{૨}}{૪}$

$= \frac{Wl}{૮}$ ઇંચ–પૌંડ.

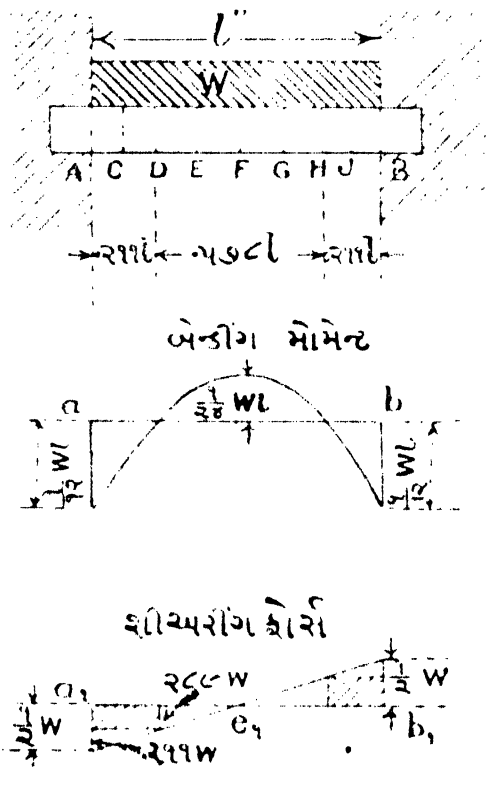
આ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ ઉપલી દિશામાં છે.

છેડાઓ A અને B આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ = ઘણું કરીને $Wl = \frac{W}{૨} \times \frac{l}{૪} = \frac{Wl}{૮}$ ઇંચ–પૌંડ;

આ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ નીચલી દિશામાં છે.

પાયા $a\,b$ ઉપર બેન્ડીંગ મોમેન્ટનો ડાયગ્રામ બતાવ્યો છે.

શીઅરીંગ ફોર્સ ત્રીજી બાબતનાં જેટલોજ છે.



આકૃતિ ૪૦

૬. આખી લંબાઇએ સમાન રીતે વહેંચીને લાધેલા લોડ સાથનો બન્ને છેડે સજ્જડ કરેલો બીમ.—આકૃતિ ૪૦માં બીમ ABને બન્ને છેડે સજ્જડ કરી તેની આખી લંબાઇએ લોડ Wને સરખી રીતે વહેંચીને લાધવામાં આવ્યો છે. પેરેબોલાનાં જાણીતાં લક્ષણ વડે સાબીત કરી શકાશે કે વળી જવાની સામે થનારાં બિંદુઓ D અને H કામાં પણ છેડાથી ·૨૧૧ lને અંતરે છે, ત્યારે બેન્ડીંગ મોમેન્ટ

નીચે પ્રમાણે શોધી શકાશે:—

મધ્ય F આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ = ઘણું કરીને $\frac{Wl}{૮}$

$= \frac{\cdot ૫૭૮\ W \times \cdot ૫૭૮\ l}{૮} = \cdot ૦૪૧૭૬\ Wl = \frac{W\,l}{૨૪}$ ઇંચ–પૌંડ, જે ઉપલી દિશામાં છે.

છેડાઓ A અને B આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ નીચે પ્રમાણે બનેલું છે:–

એકજ બિંદુએ લાધેલા લોડ $\frac{\cdot ૫૭૮\ W}{૨} = \cdot ૨૮૯$ W માટે બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= \cdot ૨૮૯\ W \times \cdot ૨૧૧\ l = \cdot ૦૬૦૯૮\ Wl$, અને સરખા રીતે વહેંચેલા લોડ ·૨૧૧ W માટે બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= \frac{\cdot ૨૧૧\ W \times \cdot ૨૧૧\ l}{૨}$ $= \cdot ૦૨૨૨૬\ W\,l$.

આ બન્ને પરિણામોનો સરવાળો કરતાં છેડાઓ A અને B આગળનાં B. M. $= \cdot ૦૬૦૯૮\ Wl + \cdot ૦૨૨૨૬\ Wl = \cdot ૦૮૩\ Wl$

$= \frac{W\,l}{૧૨}$ ઇંચ–પૌંડ, જે નીચલી દિશામાં છે.

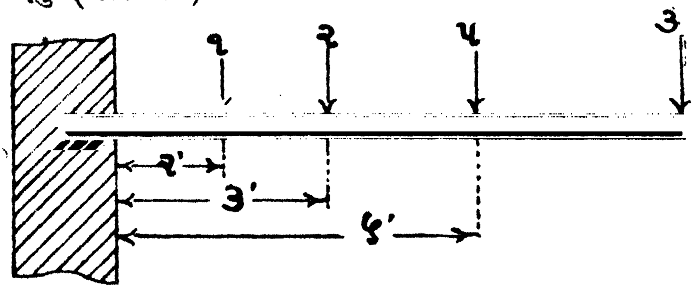
ઉપલાં પરિણામ ઉપરથી માલમ પડશે કે સૌથી વધુ (મેક્સીમમ) બેન્ડીંગ મોમેન્ટ છેડાઓ ઉપર આવશે અને તે $\frac{W\,l}{૧૨}$ ઇંચ–પૌંડ છે, અને મધ્યમાં આવતું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= \frac{W\,l}{૨૪}$ ઇંચ-પૌંડ છે.

A આગળનો શીઅરીંગ ફોર્સ $= \cdot ૨૮૯\ W + \cdot ૨૧૧\ W = \frac{W}{૨}$ છે.

અને D આગળનો શીઅરીંગ ફોર્સ $= \cdot ૨૮૯\ W$ છે.

ઉપર આપેલી સઘળી બાબતોમાં બીમનું વજન ધ્યાનમાં લીધું નથી. જો બીમનું વજન આપવામાં આવે તો તેનું વજન તેનાં ગુરૂત્વમધ્ય-બિંદુમાં કાર્ય કરે છે. આ બિંદુ સમાન છેદચિત્રના બીમનાં મધ્યમાં હોય છે.

દાખલો ૧.—એક કેન્ટીલીવર ૧૦ ફુટ લાંબો છે અને દીવાલથી ૧૦ ફુટ, ૬ ફુટ, ૩ ફુટ અને ૨ ફુટ દુર અનુક્રમે ૩ ટન, ૫ ટન, ૨ ટન, અને ૧ ટનનાં વજનો લાધેલાં છે, તો જે બિંદુઓએ વજન લાધ્યાં છે તે દરેક બિંદુ આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને સૌથી વધુ (મેકસીમમ) બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.



આકૃતિ ૪૧

આકૃતિ ૪૧માં આ કેન્ટીલીવર બતાવ્યો છે.

સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ દીવાલ આગળ છે.

સૌથી વધુ (મેકસીમમ) B. M. = ૩ × ૧૦ + ૫ × ૬ + ૨ × ૩ + ૧ × ૨
= ૩૦ + ૩૦ + ૬ + ૨ = ૬૮ ઇંચ–ટન

જે બિંદુએ ૧ ટનનું વજન લાધેલું છે તે બિંદુ ઉપરનાં છેદચિત્ર આગળનું B. M. = ૩ × ૮ + ૫ × ૪ + ૨ × ૧
= ૨૪ + ૨૦ + ૨ = ૪૬ ઇંચ–ટન.

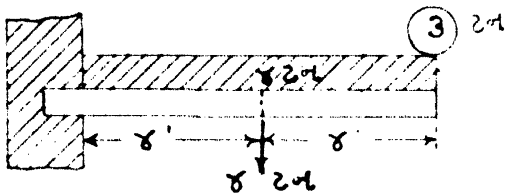
જે બિંદુએ ૨ ટનનું વજન લાધેલું છે તે બિંદુ ઉપરનાં છેદચિત્ર આગળનું B. M. = ૩ × ૭ + ૫ × ૩ = ૨૧ + ૧૫
= ૩૬ ઇંચ–ટન.

જે બિંદુએ ૫ ટનનું વજન લાધેલું છે તે બિંદુ ઉપરનાં છેદચિત્ર આગળનું B. M. = ૩ × ૪ = ૧૨ ઇંચ–પોંડ.

જે બિંદુએ ૩ ટનનું વજન લાધેલું છે તે બિંદુ ઉપરનાં છેદચિત્ર આગળનું B. M. = ૩ × ૦ = ૦ ઇંચ–પૌંડ.

નોટ—આ ધ્યાનમાં રાખવું જોઈએ કે લીવરેજ હમેશાં જે બિંદુએ વજન લાધ્યું હોય તે બિંદુથી જે છેદચિત્ર આગળનું B. M. શોધવું હોય તે છેદચિત્ર સુધીનું અંતર લેવામાં આવે છે.

દાખલો ૨.—૮ ફુટ લાંબા એક કેન્ટીલીવર ઉપર તેને બહારને છેડે ૩ ટનનું વજન લાધેલું છે અને તેની આખી લંબાઈએ ૪ ટનનું વજન સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું છે, તો સૌથી વધુમાં વધુ (મેકસીમમ) બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.



આકૃતિ ૪૨.

આકૃતિ ૪૨માં આ કેન્ટીલીવર બતાવ્યો છે.

સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું ૪ ટનનું વજન બીમનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ જે મધ્યમાં છે ત્યાં આગળ કાર્ય કરે છે.

સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ દીવાલ આગળ છે.

$$\text{સૌથી વધુ B. M.} = (૩ \times ૮ \times ૧૨) + \left(૪ \times \frac{૮ \times ૧૨}{૨}\right)$$

$$= ૨૮૮ + ૧૯૨ = \underline{૪૮૦ \text{ ઇંચ-ટન}}$$

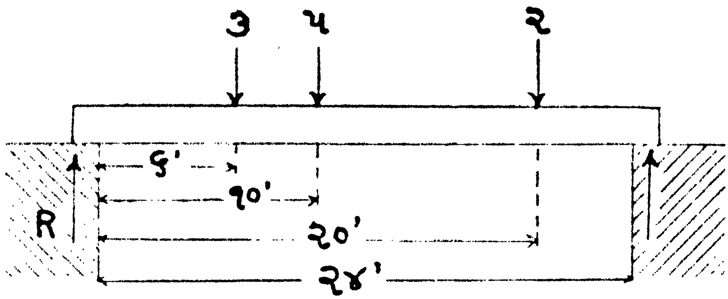
લીવરની અર્ધી લંબાઈને ફાળે સમાન રીતે વહેંચીને લાધેલું વજન W અર્ધું એટલે ૨ ટન છે જે લીવરની અર્ધી લંબાઈનાં મધ્યમાં એટલે લીવરનાં મધ્યથી ૨ ફુટ દૂર કાર્ય કરે છે.

$$\therefore \text{ મધ્ય આગળનું B. M.} = (૩ \times ૪ \times ૧૨) + (૨ \times ૨ \times ૧૨)$$

$$= ૧૪૪ + ૪૮ = \underline{૧૯૨ \text{ ઇંચ-ટન}}$$

દાખલો ૩.—૨૪ ફુટ લાંબા એક બીમને દરેક છેડે ટેકવેલો છે અને તે ઉપર એક છેડેથી ૬ ફુટ, ૧૦ ફુટ, અને ૨૦ ફુટ દૂર

અનુક્રમે ૩ ટન, ૫ ટન, અને ૨ ટનનાં વજનો લાધેલાં છે, તો આ ત્રણે બિંદુઓ આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો અને સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.



આકૃતિ ૪૩.

આકૃતિ ૪૩માં આ બીમ બતાવ્યો છે.

પહેલાં કોઈ પણ એક છેડા ઉપરનું પ્રતિકાર્ય R શોધવું જોઇએ; તેના સામેના છેડાની આસપાસનું મોમેન્ટ લેતાં—

$R \times ૨૪ = ૩ \times ૧૮ + ૫ \times ૧૪ + ૨ \times ૪$

$R \times ૨૪ = ૫૪ + ૭૦ + ૮$

$\therefore ૨૪R = ૧૩૨$

$\therefore R = \frac{૧૩૨}{૨૪} = ૫.૫$ ટન

આ પ્રતિકાર્ય ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું જોર છે, જ્યારે લાધલાં વજનો નીચલી દિશામાં કાર્ય કરે છે.

૩ ટન આગળનું B. M. $= ૫.૫ \times ૬ \times ૧૨ =$ ૩૯૬ ઇંચ-ટન.

૫ ટન આગળનું B. M. $= (૫.૫ \times ૧૦ \times ૧૨) - (૩ \times ૪ \times ૧૨)$

$= ૬૬૦ - ૧૪૪ =$ ૫૧૬ ઇંચ-ટન.

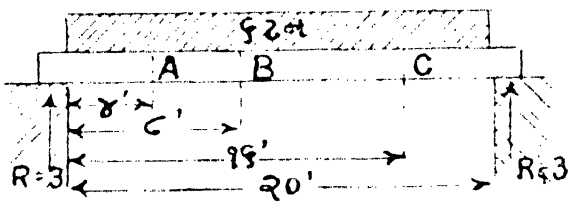
૨ ટન આગળનું B. M. $= (૫.૫ \times ૨૦ \times ૧૨) - (૩ \times ૧૪ \times ૧૨) - (૫ \times ૧૦ \times ૧૨) = ૧૩૨૦ - ૫૦૪ - ૬૦૦ = ૧૩૨૦ - ૧૧૦૪$

$=$ ૨૧૬ ઇંચ-ટન.

સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ = <u>૫૧૬ ઇંચ–ટન</u>, જે જ્યાં આગળ ૫ ટનનું વજન લાધેલું છે તે બિંદુ આગળ છે, અને આ બિંદુ ઉપરનાં છેદચિત્ર આગળ બીમ તૂટી જશે.

નોટ—સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ હમેશાં બીમ ઉપર લાધેલાં વજનોમાંના એક વજનનાં બિંદુ આગળ હોય છે.

દાખલો ૪.—૨૦ ફુટ લાંબા એક બીમને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે, અને તેની આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચેલું ૬ ટનનું વજન લાધેલું છે, તો એક છેડાથી ૪ ફુટ, ૮ ફુટ, અને ૧૬ ફુટ દુર આવેલાં અનુક્રમે A, B, અને C છેદચિત્ર આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને વળી સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.



આકૃતિ ૪૪.

આકૃતિ ૪૪માં આ બીમ બતાવ્યો છે.

૬ ટનનું વજન બીમની આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચાએલું હોવાથી દરેક ટેકા ઉપરનું દબાણ અથવા વજનને લીધે આવતું પ્રતિકાર્ય R અને R_1 = ૩ ટન છે જે ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરે છે.

બીમની ૪ ફુટ લંબાઈને ફાળે આવતું સરખી રીતે વહેંચાયલું નીચલી દિશામાં કાર્ય કરતું વજન અથવા જોર = $\frac{૪}{૨૦}$ W = $\frac{W}{૫}$ = $\frac{૬}{૫}$ = ૧·૨ ટન છે જે ૪ ફુટની લંબાઈનાં મધ્યમાં કાર્ય કરે છે.

∴ A આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ = (૩ × ૪ × ૧૨) − (૧·૨ × ૨ × ૧૨) = ૧૪૪ − ૨૮·૮ = <u>૧૧૫·૨ ઇંચ–ટન.</u>

બીમની ૮ ફુટ લંબાઈને ફાળે આવતું સરખી રીતે વહેંચાયલું નીચલી દિશામાં કાર્ય કરતું વજન અથવા જોર = $\frac{૮}{૨૦}$ W = $\frac{૨}{૫}$ W = $\frac{૨}{૫}$ × ૬ = $\frac{૧૨}{૫}$ = ૨·૪ ટન છે જે ૮ ફુટની લંબાઈનાં મધ્યમાં કાર્ય કરે છે.

∴ B આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ = (૩ × ૮ × ૧૨) − (૨·૪ × ૪ × ૧૨)

= ૨૮૮ − ૧૧૫·૨ = ૧૭૨·૮ ઇંચ–ટન.

બીમની ૧૬ ફુટ લંબાઈને ફાળે આવતું સરખી રીતે વહેંચાયલું નીચલી દિશામાં કાર્ય કરતું વજન અથવા જોર = $\frac{૧૬}{૨૦}$ W = $\frac{૪}{૫}$ W = $\frac{૪}{૫}$ × ૬ = $\frac{૨૪}{૫}$ = ૪·૮ ટન છે જે ૧૬ ફુટની લંબાઈનાં મધ્યમાં કાર્ય કરે છે.

∴ C આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ = (૩ × ૧૬ × ૧૨) − (૪·૮×૮×૧૨)

= ૫૭૬ − ૪૬૦·૮ = ૧૧૫·૨ ઇંચ–ટન

સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ મધ્ય આગળ છે. બીમની અર્ધી લંબાઈને ફાળે આવતું સરખી રીતે વહેંચાયલું નીચલી દિશામાં કાર્ય કરતું વજન અથવા જોર = $\frac{W}{૨}$ = $\frac{૬}{૨}$ = ૩ ટન છે, જે અર્ધી લંબાઇનાં મધ્યમાં એટલે $\frac{૧}{૪}$ લંબાઇએ કાર્ય કરે છે.

∴ સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ = (૩ × ૧૦ × ૧૨) − (૩ × ૫ × ૧૨)

= ૩૬૦ − ૧૮૦ = ૧૮૦ ઇંચ–ટન

દાખલો ૫.—એક બીમને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે અને તે ઉપર મધ્યમાં લાધેલું ૫ ટનનું વજન સલામતી સાથે તે ખમી શકે છે, તો તે ઉપર આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું કેટલું વજન તમો નિર્ભય ધારો છો ?

મધ્યમાં વજન લાધેલા બીમનું સૌથી વધુ B. M. : સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધેલા બીમનું સૌથી વધુ B. M. : : $\frac{Wl}{૪}$: $\frac{Wl}{૮}$

: : ૨ : ૧

∴ મધ્યમાં વજન લાધેલા બીમનું જોર : સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધેલા બીમનું જોર : : ૧ : ૨

∴ પહેલા કરતાં બીજો બીમ વજન બમણું એટલે

૫ × ૨ = <u>૧૦ ટન</u> ખમી શકશે.

અથવા

$$\frac{Wl}{૪} = \frac{Wl}{૮}$$

$$\therefore \frac{૫ l}{૪} = \frac{Wl}{૮}$$

$$\therefore ૪\ Wl = ૮ \times ૫ l$$

$$\therefore W = \frac{૮ \times ૫ \times l}{૪ \times l}$$

= <u>૧૦ ટન</u>, એટલે વજન **<u>બમણું</u>** ખમી શકશે.

દાખલો ૬.—૧૬ ફુટ લાંબા એક બીમના બન્ને છેડા દીવાલમાં ચણી લઈ સજ્જડ કરેલા છે અને તેનાં મધ્યમાં ૪ ટનનું વજન લાધેલું છે, તો સૌથી વધુ (મેક્સીમમ) બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ મધ્યમાં અને છેડાઓ ઉપર આવે છે.

સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= \frac{Wl}{૮} = \frac{૪ \times ૧૬}{૮}$ = <u>૮ ફુટ-ટન</u>

દાખલો ૭.—૧૮ ફુટ લાંબા બીમને બન્ને છેડેથી સજ્જડ કરેલો છે અને તે ઉપર ૩ ટનનું વજન આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું છે, તો મધ્ય અને છેડાઓ આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ છેડાઓ ઉપર આવશે.

∴ છેડાઓ આગળનું સૌથી વધુ B.M. $= \frac{Wl}{૧૨}$

$$= \frac{૩ \times ૧૮ \times ૧૨}{૧૨}$$

∴ છેડાઓ આગળનું સૌથી વધુ B. M. = <u>૫૪ ઇંચ-ટન</u>

$$\text{મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ} = \frac{Wl}{૨૪} = \frac{૩ \times ૧૮ \times ૧૨}{૨૪}$$

$$= \underline{\text{૨૭ ઇંચ-ટન}}$$

બીમનું બળ અથવા મજબૂતી (Strength of Beams).—જ્યારે એક બીમને દરેક છેડે ટેકવી તે ઉપર વજન લાધવામાં આવ્યું હોય ત્યારે તે વજનને લીધે બીમ વળી જવાનું વલણ કરે છે જેથી કરીને જે ઉપલા રેશા (ફાઇબર્સ fibres) કે જેનો બનેલો બીમ ધારવામાં આવે છે, તે રેશાઓ ટુંકા થાય છે અથવા દબાય છે, અને નીચલાં પડોના રેશા લંબાય છે અથવા તેનાં ઉપર ખેંચાણનું જોર આવે છે. આ જોરો છેક બહારનાં પડો ઉપર કાર્ય કરે છે એટલુંજ નહી પણ ધીમે ધીમે ઘટતાં પ્રમાણથી અંદરનાં પડો ઉપર પણ કાર્ય કરે છે. આ જોરો ચોક્કસ પડ આગળ આવી પહોંચતાં કાર્ય કરતાં બંધ થશે, અને તે પડ દબાશે નહી તેમ લંબાશે પણ નહીં. કેન્ટીલીવરની બાબતમાં વળવાનું વલણ ઉલટી દિશામાં થાય છે તેથી ઉપલા રેશાઓ ખેંચાય છે અને નીચલા રેશાઓ દબાય છે.

એક બીમમાં રેશાઓનાં જે પડ અથવા ક્ષેત્ર જ્યારે વજનને લીધે બીમ વાંકો વળે ત્યારે લંબાઇમાં ફેરફાર થયા વિના રહી જાય છે તેને "ન્યુત્રલ સરફેસ" (શિથિલ સપાટી) કહે છે, અને જે રેખામાં આ પડ બીમનાં કોઇપણ છેદચિત્રને કાપે છે અથવા છેદે છે તે રેખાને તે છેદચિત્રની "ન્યુત્રલ એક્સીસ" (શિથિલ મધ્યરેખા) કહે છે. ન્યુત્રલ એક્સીસ (neutral axis) બીમનાં છેદચિત્ર (ક્રોસ સેક્શન)નાં ગુરૂત્વ મધ્ય બિંદુમાંથી પસાર થાય છે.

બીમનાં કોઇપણ છેદચિત્ર આગળનું વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ એટલે રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ (Resisting moment) તે બીમનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટની બરાબર છે.

બીમનાં છેદચિત્રનો ગુણક એટલે મોડયુલસ ઑફ સેકશન (Modulus of section).—બીમનાં છેદચિત્રનું વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ એટલે રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ મેળવવાને માટે સલામતી સાથે લઈ શકાતાં સ્ટ્રેસને જે રકમ વડે ગુણવી જોઈએ તે રકમને તે "છેદચિત્રનો મોડયુલસ" કહેવામાં આવે છે, જેને Z અક્ષર વડે ઘણું કરીને દર્શાવવામાં આવે છે. ત્યારે રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ (વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ) $= fZ =$ વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ. દાખલા તરીકે, સમાન છેદચિત્રના નક્કર ચોખૂણ (રેકટેંગ્યુલર) બીમનાં કોઈ પણ છેદચિત્રનો મોડયુલસ $Z = \frac{BD^૨}{૬}$ છે એમ સાબીત કરી શકાય છે, તેટલા માટે તે છેદચિત્ર આગળનું રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ એટલે વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ $= fZ = \frac{fBD^૨}{૬}$ છે, એમાં

$f =$ જે પદાર્થનો બીમ બનેલો છે તે પદાર્થ ઉપર લેવા દેવામાં આવતું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ,
$B =$ તે છેદચિત્ર આગળની બીમની પહોળાઈ, અને
$D =$ તે છેદચિત્ર આગળની બીમની ઉંડાઈ અથવા ઉંચાઈ.

લાકડાંના બીમ ઘણું કરીને આખી લંબાઇએ સમાન છેદચિત્રના ચોખૂણ આકારના હોય છે, અને તેની બાબતમાં વધુમાં વધુ (મેકસીમમ) રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ એટલે વળી જવાની સામે થતું વધુમાં વધુ મોમેન્ટ $= \frac{fBD^૨}{૬}$ છે.

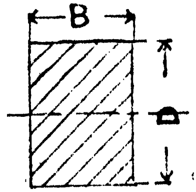
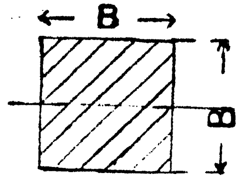
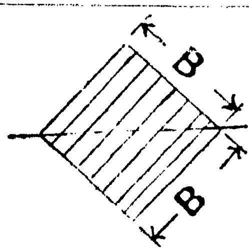
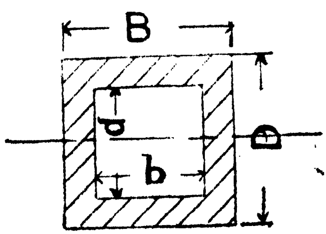
ગોળ છેદચિત્રના બીમનો તેનાં છેદચિત્રનો મોડયુલસ $= Z = \frac{\pi D^૩}{૩૨}$ છે, તેટલા માટે ગોળ બીમની બાબતમાં રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ (વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ) $= fZ = \frac{f\pi D^૩}{૩૨}$ છે. એમાં $D =$ ગોળ બીમનાં છેદચિત્ર આગળનો વ્યાસ છે.

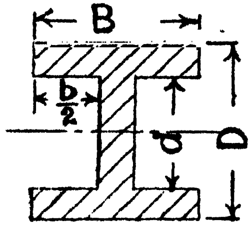
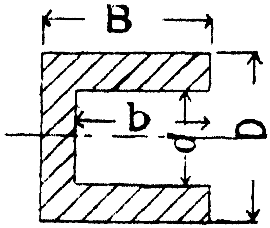
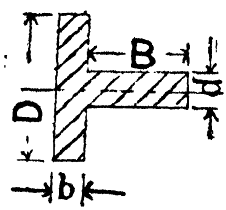
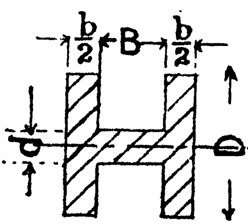
સ્ટીલ રોલ્ડ બીમ્સ (Steel Rolled Beams).— બીમની બાબતમાં આગળ દર્શાવવામાં આવ્યું છે કે બીમો વજન અથવા લોડ લાધવાથી જ્યારે વાંકા વળી જાય છે ત્યારે જે રેશાઓનો તે બીમ બનેલો માનવામાં આવે છે તે રેશાઓનાં કેટલાંક પડો ખેંચાણમાં અને બીજાં દબાણમાં હોય છે. જેમ જેમ બીમની ઉંડાઈ અથવા ઉંચાઈનાં મધ્યની લગભગ વધારે નજદીક આવતા જઈએ તેમ તેમ આ ખેંચાણુ અને દબાણુ ઓછું થતું જાય છે. આ ઉપરથી માલમ પડશે કે બીમની બહારની બાજુની નજદીકના રેશાઓ ઉપર મધ્યની નજદીકના રેશાઓ કરતાં વધારે મોટાં સ્ટ્રેસ આવે છે, તેટલા માટે જ્યાં આગળ સ્ટ્રેસ ઓછાં આવવાનાં હોય ત્યાં આગળનો પદાર્થ દુર કરી જ્યાં આગળ સ્ટ્રેસ વધુ આવવાનું હોય ત્યાં આગળ મુકવાથી બીમના પદાર્થને ઘણી કરકસર રીતે ગોઠવી શકાય છે. લાકડાંના બીમની બાબતમાં આ પ્રમાણે સારી રીતે બની શકે નહી, પણ ધાતુના બીમની બાબતમાં કશી અડચણુ આવતી નથી, અને તેટલા માટે આપણે જોઇએ છીએ કે તેવા બીમોને મથાળે અને તળીયે ફ્લેંજ (flange) બનાવી તે ફ્લેંજીસને એક અથવા બે પાતળી વેબ (web) વડે જોડેલી હોય છે.

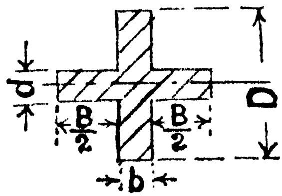
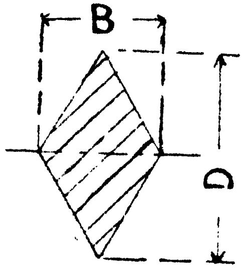
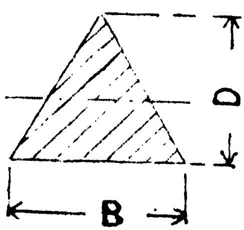
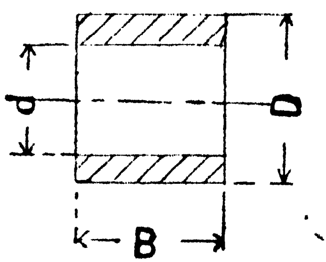
ઘડતર લોઢાંના અને પોલાદ એટલે સ્ટીલના બીમને રોલ (roll) કરી જુદા જુદા આકારનાં છેદચિત્રનાં બનાવવામાં આવે છે, જેમાંના કેટલાક બીમોનાં છેદચિત્રોની આકૃતિઓ બીમોનાં જુદાં જુદાં છેદચિત્રોના મોડયુલસના કોઠામાં બતાવી છે.

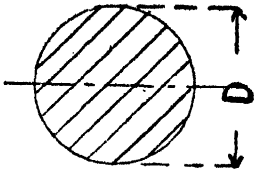
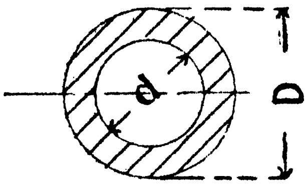
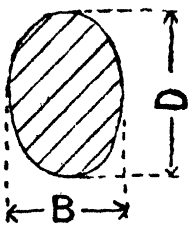
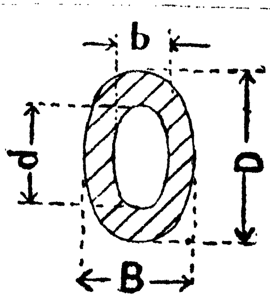
વ્યવહારમાં જે જુદાં જુદાં છેદચિત્રના બીમો વપરાય છે તેનાં છેદચિત્રના મોડયુલસ (Modulus of the Section) Zનો કોઠો નીચે આપ્યો છે.

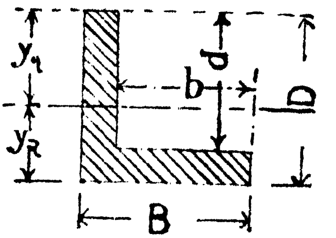
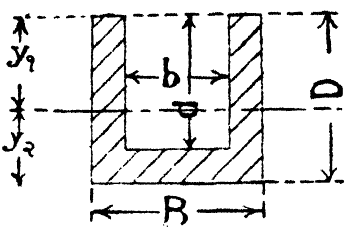
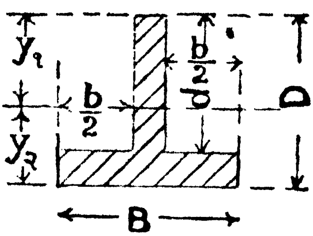
બીમોનાં જુદાં જુદાં છેદચિત્રોના મોડ્યુલસ એટલે ગુણક Zનો કોઠો:—

બીમનાં છેદચિત્રનો આકાર	મોડ્યુલસ Z
	$\frac{BD^{૨}}{૬}$
	$\frac{B^{૩}}{૬}$
	$\frac{B^{૩}\sqrt{૨}}{૧૨}$
	$\frac{BD^{૩} - bd^{૩}}{૬\ D}$

બીમનાં છેદચિત્રનો આકાર	મોડ્યુલસ Z
	$\frac{BD^{૩}-bd^{૩}}{૬\ D}$
	$\frac{BD^{૩}-bd^{૩}}{૬\ D}$
	$\frac{Bd^{૩}+bD^{૩}}{૬\ D}$
	$\frac{Bd^{૩}+bD^{૩}}{૬\ D}$

બીમનાં છેદચિત્રનો આકાર	મોડયુલસ Z
	$\frac{Bd^{૩}+bD^{૩}}{૬\ D}$
	$\frac{BD^{૨}}{૨૪}$
	$Z_{૧}=\frac{BD^{૨}}{૨૪}$ $Z_{૨}=\frac{BD^{૨}}{૧૨}$
	$\frac{B(D^{૩}-d^{૩})}{૬\ D}$

બીમનાં છેદચિત્રનો આકાર	મોડ્યુલસ Z
	$\frac{\pi D^{૩}}{૩૨}$
	$\pi \frac{(D^{૪} - d^{૪})}{૩૨ \; D}$
	$\frac{\pi B D^{૨}}{૩૨}$
	$\frac{\pi (BD^{૩} - bd^{૩})}{૩૨ \; D}$

બીમનાં છેદચિત્રનો આકાર	મોડયુલસ Z
  	મથાળીની સપાટીનાં સ્ટ્રેસ માટે— $Z_૧ = \frac{(BD^૨ - bd^૨)^૨ - ૪BD\,bd\,(D-d)^૨}{૬(BD^૨ - bd^૨)}$ તળીઆની સપાટીનાં સ્ટ્રેસ માટે— $Z_૨ = \frac{(BD^૨ - bd^૨)^૨ - ૪\,BD\,bd\,(D-d)^૨}{૬(BD^૨ - ૨\,bd\,D + bd^૨)}$

ઉપલા કોઠામાં આપેલા બીમોનાં જુદાં જુદાં છેદચિત્રના મોડયુલસ Zને જે પદાર્થનો બીમ બનેલો છે તે પદાર્થ ઉપર દર ચોરસ ઈંચ દીઠ લેવા દેવામાં આવતાં વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ f વડે ગુણવાથી બીમનાં તે છેદચિત્ર આગળનું વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ એટલે રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ મળે છે. આ રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ બીમનાં વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટની બરાબર છે. આ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ બીમને જેવી રીતે બેસાડયો હોય અને તેની ઉપર જેવી રીતે વજન લાધ્યું

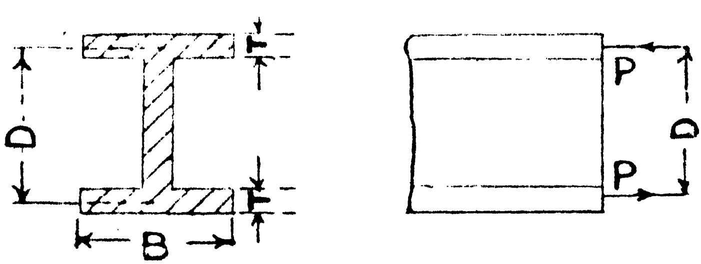
હોય તેની ઉપર આધાર રાખે છે, જે આગળ દર્શાવ્યા પ્રમાણે $Wl, \frac{Wl}{૨}, \frac{Wl}{૪}, \frac{Wl}{૮}, \frac{Wl}{૮}$, અને $\frac{Wl}{૧૨}$ છે; ત્યારે નક્કર ચોખૂણુ (રેકટેંગ્યુલર rectangular) બીમની દરેક બાબતમાં:—$Wl = \frac{fBD^૨}{૬}; \frac{Wl}{૨} = \frac{fBD^૨}{૬}; \frac{Wl}{૪} = \frac{fBD^૨}{૬}; \frac{Wl}{૮} = \frac{fBD^૨}{૬}; \frac{Wl}{૮} = \frac{fBD^૨}{૬}; \frac{Wl}{૧૨} = \frac{fBD^૨}{૬}$, તેટલા માટે દરેક બાબતમાં:—

$$W = \frac{fBD^૨}{૬l}, \frac{૨fBD^૨}{૬l}, \frac{૪fBD^૨}{૬l}, \frac{૮fBD^૨}{૬l},$$

$\frac{૮fBD^૨}{૬l}$, અને $\frac{૧૨fBD^૨}{૬l}$ છે.

જો બીમની પહોળાઈ અને ઉંડાઈ ઈંચમાં લેવામાં આવે, અને f પૌંડમાં લેવામાં આવે તો રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ ઈંચ–પૌંડમાં અથવા પૌંડ–ઈંચમાં આવશે.

I આકારનાં છેદચિત્રવાળા બીમ માટેનું રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ અડસતે શોધવાની વ્યવહારમાં વપરાતી રીત.— નીચે આપેલી સાદી રીત વારંવાર વપરાય છે અને તે વ્યવહારમાં ઘણા દાખલાઓ માટે પુરતી ખરી છે. આકૃતિ ૪૫માં દરેક ફ્લેંજની પહોળાઈ B ઈંચ અને જાડાઈ T ઇંચ છે, તેટલા માટે દરેક ફ્લેંજનું



આકૃતિ ૪૫.

ક્ષેત્રફળ = A = B × T ચોરસ ઇંચ છે, અને બન્ને ફ્લેંજ વચ્ચેનું ફ્લેંજની જાડાઈનાં મધ્યથી મધ્ય સુધીનું અંતર D ઇંચ છે.

ધારો કે f = બન્ને ફ્લૅંજ ઉપર લેવા દેવામાં આવતું સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ટનમાં છે. ત્યારે $f \times A = fBT$ = એક ફ્લૅંજ ઉપર કાર્ય કરતું વધુમાં વધુ જોર છે.

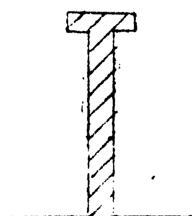
આ જોરો fA (ખેંચાણ), fA (દબાણ) એક કપલ (couple) ઉત્પન્ન કરે છે, કે જેનો મોમેન્ટ $= fAD = fBTD$ ઇંચ-ટન છે, અને આ તે બીમનાં છેદચિત્ર આગળ વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ એટલે રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ છે. વજન લાધેલા I આકારના બીમનાં કોઈપણ છેદચિત્ર આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ આ રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટથી વધુ હોવું જોઈએ નહી.

એક સરખાં છેદચિત્રવાળા બીમો.—જે બીમોને એક સરખી ધાતુ અને એક સરખાં છેદચિત્રના બનાવેલા હોય છે, પણ તેમની પહોળાઇ, ઉંડાઈ, અને લંબાઇનાં માપો જુદાં જુદાં હોય છે તેવા બીમોનાં જોરો નીચે આપેલા નિયમને મળતા આવે છે; સરખામણી કરવામાં આવતા બીમોમાં વજન વડે લાધવાની અને ટેકવવાની રીત સરખી હોવી જોઈએ:—

નિયમ:—બીમોનાં જોર પહોળાઈનાં પ્રમાણમાં છે, ઉંડાઇનાં વર્ગનાં પ્રમાણમાં છે, અને લંબાઈનાં ઉલટા પ્રમાણમાં છે.

બીડના બીમ (Cast Iron Beams).—બીડ જેટલું ખેંચાણનું જોર એટલે ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ ખમી શકે છે તેનાંથી છગણું દબાણનું જોર એટલે કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેસ ખમી શકે છે; તેટલા માટે જો સરખાં છેદચિત્રની ફ્લૅંજીસ સાથનો બીડનો ગર્ડર અથવા બીમ બનાવવામાં આવે કે જે ફ્લૅંજીસ ઉપર મુખ્ય કરીને દબાણનું અને ખેંચાણનું જોર આવે છે, તો કોમ્પ્રેશન ફ્લૅંજ (જે ફ્લૅંજ ઉપર

દબાણનું જોર આવે છે તે) ઉપર સૌથી વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ આવે તેની ઘણો વખત અગાઉ ટેન્શન ફ્લૅંજ (જે ફ્લૅંજ ઉપર ખેંચાણનું જોર આવે છે તે) ઉપર સૌથી વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ આવશે. આવા ગર્ડરને બરાબર રીતે યોજવા માટે ફ્લૅંજીસની એવી રીતે રચના કરવી જોઇએ કે જેથી બન્ને ફ્લૅંજ ઉપર એકી વેળાએ સૌથી વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ આવે. આ પ્રમાણે કરવા માટે ગર્ડરનાં જોરને અડચણ કર્યા શિવાય કૉમ્પ્રેશન ફ્લૅંજને કદમાં નાની બનાવી શકાય છે; બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો બન્ને ફ્લૅંજ ઉપર એકી વેળાએ સૌથી વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ આવે એમ કરવા માટે ટેન્શન ફ્લૅંજનું ક્ષેત્રફળ કૉમ્પ્રેશન ફ્લૅંજનાં ક્ષેત્રફળથી છ ગણું મોટું રાખવામાં આવે છે; વ્યવહારમાં ટેન્શન ફ્લૅંજનું ક્ષેત્રફળ કૉમ્પ્રેશન ફ્લૅંજનાં ક્ષેત્રફળથી ત્રણથી ચારગણું મોટું રાખવામાં આવે છે, તેથી ધાતુની જાડાઈ લગભગ વધારે એકસરખી રાખી શકાય જેથી કાસ્ટીંગ (ઓતકામ) એકસરખી ઝડપે ઠંડું થઈ શકે છે અને અસમાન સંકોચને લીધે ઉત્પન્ન થતાં અંદરનાં સ્ટ્રેસીસ દુર કરી શકાય છે. તેટલા માટે બીડના ગાર્ડરનું છેદચિત્ર આકૃતિ ૪૬માં બતાવ્યા જેવું હોઈ શકે, એમાં ઉપલી ફ્લૅંજ કૉમ્પ્રેશન ફ્લૅંજ અને નીચલી ફ્લૅંજ ટેન્શન ફ્લૅંજ છે. જો આ કાસ્ટીંગ (ઓતકામ)ને કેન્ટીલીવર તરીકે વાપરવું હોય ત્યારે ફ્લૅંજનાં સ્થાન ઉલટાવવામાં આવે છે, કારણ કે એમાં ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ (ખેંચાણનું જોર) ઉપલી ફ્લૅંજ ઉપર આવે છે અને કૉમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેસ (દબાણનું જોર) નીચલી ફ્લૅંજ ઉપર આવે છે.



આકૃતિ ૪૬.

આપણે ઉપર જોયું કે ગર્ડરનાં વેબ ઉપરનાં સ્ટ્રેસ કરતાં ફ્લૅંજીસ ઉપરનાં સ્ટ્રેસ વધારે મોટાં છે, તેટલા માટે શણગાર માટે અથવા બીમ સાથે બીજા ભાગો જડવા માટે જોઇતા વેહ ફ્લૅંજીસમાં નહીં પણ વેબમાં પાડવા જોઈએ.

બીમનો ઝોક અથવા બીમનું વાંકા વળી જવું તે (ડીફ્લેકશન ઑફ બીમ્સ Deflection of Beams).— બન્ને છેડે ટેકવેલા બીમની બાબતમાં "ડીફ્લેકશન" (ઝોક)નો અર્થ એ થાય છે કે—લોડ અથવા વજન લાધવાથી બીમનું મધ્ય પોતાનાં મૂળ સ્થાનથી જેટલું ખસી જાય છે તેને "ડીફ્લેકશન" (ઝોક) કહેવામાં આવે છે. આ ડીફ્લેકશન બીમનાં માપો ઉપર આધાર રાખે છે અને તે નીચલા નિયમને આધિન હોય છે:—

નિયમ:—ડીફ્લેકશન એટલે ઝોક લોડનાં સીધાં પ્રમાણમાં, લંબાઈનાં ઘનનાં સીધાં પ્રમાણમાં, પહોળાઈનાં ઉલટાં પ્રમાણમાં, અને ઉંડાઈનાં ઘનનાં ઉલટાં પ્રમાણમાં છે.

આગળ વર્ણવેલી બીમને લાધવાની રીતોમાંની કોઈ પણ એક રીત માટેનું ડીફ્લેકશન આપ્યું હોય તો બીમને લાધવાની બીજી રીતોમાંની કોઈ પણ એક રીત માટેનું ડીફ્લેકશન નીચે આપેલા કોઠા ઉપરથી શોધી શકાય છે.

ડીફ્લેકશનની સામે થવાનાં બીમનાં જોરને "સ્ટીફ્નેસ" એટલે "કઠણુતા" કહેવામાં આવે છે. બીમની કઠણુતા એટલે સ્ટીફ્નેસ બીમની પહોળાઈનાં પ્રમાણમાં, ઉંડાઈનાં ઘનનાં પ્રમાણમાં અને લંબાઈનાં ઘનનાં ઉલટાં પ્રમાણમાં છે.

બીમનાં સંબંધી જોરો અને ઝોક એટલે ડીફ્લેકશનનો કોઠો:-

	બીમને લાધવાની અને ટેકવવાની રીત	સંબંધી જોર	સંબંધી ડીફ્લે-કશન
૧.	કેન્ટીલીવર-એક છેડે સજ્જડ કરી બીજે છેડે વજન લાધેલું..................	૧	૧૨૮
૨.	કેન્ટીલીવર-એક છેડે સજ્જડ કરી આખી લંબાઇએ સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધેલું.....................	૨	૪૮
૩.	બીમને બન્ને છેડે ટેકવી મધ્યમાં વજન લાધેલું............................	૪	૮
૪.	બીમને બન્ને છેડે ટેકવી આખી લંબાઇએ સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધેલું...	૮	૫
૫.	બીમને બન્ને છેડે સજ્જડ કરી મધ્યમાં વજન લાધેલું......................	૮	૨
૬.	બીમને બન્ને છેડે સજ્જડ કરી આખી લંબાઇએ સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધેલું.........................	૧૨	૧

દાખલો ૮.—એકજ જાતનાં લાકડાંમાંથી બનાવેલા બે બીમની પહોળાઇ અનુક્રમે ૬ ઇંચ અને ૯ ઇંચ છે અને ઉંડાઇ અનુક્રમે ૧૦ ઇંચ અને ૮ ઇંચ છે, તો તેમનાં સંબંધી જોરો શોધો.

$$W : W_૧ :: BD^૨ : BD^૨$$

$$:: ૬ \times ૧૦ \times ૧૦ : ૯ \times ૮ \times ૮$$

$$:: ૬૦૦ : ૫૭૬$$

$$:: \underline{૨૫ : ૨૪}$$

પહેલો બીમ બીજા કરતાં વધુ મજબુત છે.

બીજી રીતઃ—

$$Wl = \frac{f BD^{૨}}{૬}$$

$$\therefore W = \frac{f BD^{૨}}{૬ l}$$

$$= \frac{f \times ૬ \times ૧૦ \times ૧૦}{૬ l} = \frac{૬૦૦ f}{૬ l}$$

બીજા બીમની બાબતમાં—

$$W_{૧} = \frac{f BD^{૨}}{૬ l}$$

$$= \frac{f \times ૯ \times ૮ \times ૮}{૬ l} = \frac{૫૭૬ f}{૬ l}$$

$$W : W_{૧} :: \frac{૬૦૦ f}{૬ l} : \frac{૫૭૬ f}{૬ l}$$

$$:: ૬૦૦ : ૫૭૬$$

$$:: ૨૫ : ૨૪$$

દાખલો ૯.—એકજ જાતનાં લાકડાંના બનાવેલા બે બીમને દરેક છેડેથી ટકવેલા છે. તેમાંનો એક બીમ ૧૬ ફુટ લાંબો, ૬ ઇંચ પહોળો, અને ૮ ઇંચ ઉંડો છે, અને બીજો બીમ ૨૮ ફુટ લાંબો, ૭ ઇંચ પહોળો, અને ૧૦ ઇંચ ઉંડો છે. તો કયો બીમ મધ્યમાં વધુ વજન ખમી શકશે? જો પહેલો બીમ મધ્યમાં લાધેલું ૧૨૦૦૦ પૌંડનું વજન ખમી શકે છે, તો બીજો બીમ મધ્યમાં કેટલું વજન ખમી શકશે?

$$W : W_{૧} :: \frac{BD^{૨}}{l} : \frac{BD^{૨}}{l}$$

$$૧૨૦૦૦ : W_{૧} :: \frac{૬ \times ૮ \times ૮}{૧૬} : \frac{૭ \times ૧૦ \times ૧૦}{૨૮}$$

$$\therefore W_{૧} = \frac{૧૨૦૦૦ \times ૭ \times ૧૦ \times ૧૦ \times ૧૬}{૨૮ \times ૬ \times ૮ \times ૮}$$

$$= ૧૨૫૦૦ \text{ પૌંડ.}$$

બીજો બીમ મધ્યમાં વધુ વજન ખમી શકશે.

બીજી રીત:—

$$\frac{Wl}{૪} = \frac{fBD^૨}{૬}$$

$$\frac{૧૨૦૦૦ \times ૧૬}{૪} = \frac{f \times ૬ \times ૮ \times ૮}{૬}$$

$$\therefore f = \frac{૧૨૦૦૦ \times ૧૬ \times ૬}{૪ \times ૬ \times ૮ \times ૮} = ૭૫૦ \text{ પૌંડ}$$

$$\frac{W_૧ l}{૪} = \frac{fBD^૨}{૬}$$

$$\frac{W_૧ \times ૨૮}{૪} = \frac{૭૫૦ \times ૭ \times ૧૦ \times ૧૦}{૬}$$

$$\therefore W_૧ = \frac{૭૫૦ \times ૭ \times ૧૦ \times ૧૦ \times ૪}{૨૮ \times ૬} = \underline{૧૨૫૦૦ \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૧૦.—એક બીમ ૧૪ ફુટ લાંબો, ૫ ઇંચ પહોળો, અને ૭ ઇંચ ઉંડો છે. બીજો બીમ ૬ ઇંચ પહોળો અને ૮ ઇંચ ઉંડો છે, તો આ છેલ્લા બીમની લંબાઈ કેટલી રાખવી જોઈએ કે જેથી બન્ને બીમ એક સરખા મજબુત થાય.

$$W : W_૧ :: \frac{BD^૨}{l} : \frac{BD^૨}{l}$$

$$૧ : ૧ :: \frac{૫ \times ૭ \times ૭}{૧૪} : \frac{૬ \times ૮ \times ૮}{l}$$

$$\therefore \frac{૬ \times ૮ \times ૮}{l} = \frac{૫ \times ૭ \times ૭}{૧૪}$$

$$\therefore l = \frac{૬ \times ૮ \times ૮ \times ૧૪}{૫ \times ૭ \times ૭} = \underline{૨૧\cdot૯૪ \text{ ફુટ}}$$

દાખલો ૧૧.—એક બીમ જે ૪ ઇંચ સમચોરસ છે અને ૬ ફુટ લાંબો છે તે ૬૦૦ પૌંડનું વજન ખમી શકે છે, તો તેવીજ રીતે ટેકવેલા પણ ૮ ઇંચ પહોળા અને ૨૪ ફુટ લાંબા બીમ કે જેની ઉપર ૨ ટનનું વજન ટેકવવાનું છે તેની ઉંડાઈ નક્કી કરો.

$$W : W_1 :: \frac{BD^2}{l} : \frac{BD^2}{l}$$

$$૬૦૦ : ૨ \times ૨૨૪૦ :: \frac{૪ \times ૪ \times ૪}{૬} : \frac{૮ \times D^2}{૨૪}$$

$$\therefore \frac{૬૦૦ \times ૮ \times D^2}{૨૪} = \frac{૨ \times ૨૨૪૦ \times ૪ \times ૪ \times ૪}{૬}$$

$$\therefore ૬૦૦ \times ૮ \times D^2 \times ૬ = ૨૪ \times ૨ \times ૨૨૪૦ \times ૪ \times ૪ \times ૪$$

$$\therefore D^2 = \frac{૨૪ \times ૨ \times ૨૨૪૦ \times ૪ \times ૪ \times ૪}{૬૦૦ \times ૮ \times ૬}$$

$$= ૨૮૯\cdot૯૩$$

$$\therefore D = \sqrt{૨૮૯\cdot૯૩} = \underline{૧૫\cdot૪૫૭ \text{ ઇંચ}}$$

દાખલો ૧૨.—એક બીમ ૧ ઇંચ પહોળો, ૧ ઇંચ ઉંડો અને ૧૨ ઇંચ લાંબો છે અને તે મધ્યમાં લાધેલું ૩૦૦ પૌંડનું વજન ખમી શકે છે, તો તેવીજ રીતે લાધેલા ૬ ઇંચ ઉંડા અને ૧૨ ફુટ લાંબા બીમની પહોળાઈ કેટલી રાખવી જોઈએ કે જેથી તે મધ્યમાં ૧½ ટનનું વજન ખમી શકે.

$$W : W_1 :: \frac{BD^2}{l} : \frac{BD^2}{l}$$

$$૩૦૦ : ૧\cdot૫ \times ૨૨૪૦ :: \frac{૧ \times ૧ \times ૧}{૧૨} : \frac{B \times ૬ \times ૬}{૧૨ \times ૧૨}$$

$$\therefore \frac{૩૦૦ \times B \times ૬ \times ૬}{૧૨ \times ૧૨} = \frac{૧\cdot૫ \times ૨૨૪૦}{૧૨}$$

$$\therefore ૩૦૦ \times B \times ૬ \times ૬ \times ૧૨ = ૧૨ \times ૧૨ \times ૧\cdot૫ \times ૨૨૪૦$$

$$\therefore B = \frac{૧૨ \times ૧૨ \times ૧\cdot૫ \times ૨૨૪૦}{૩૦૦ \times ૬ \times ૬ \times ૧૨} = \underline{૩\cdot૭૩ \text{ ઇંચ}}$$

દાખલો ૧૩.—એક બીમ જે એક ફુટ લાંબો છે અને તેનાં ચોખૂણુ છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૧ ચોરસ ઇંચ છે તેને જ્યારે બન્ને છેડે ટેકવી મધ્યમાં વજન લાધવામાં આવે છે ત્યારે તે ૪૨૦ પૌંડ વજનથી

ભાંગી જાય છે, તો એજ પ્રમાણે ટકવેલો અને લાધેલો બીમ જે ૯ ઇંચ પહોળો અને ૧૨ ઇંચ ઉંડો છે તેનું તૂટી જવાનું જોર (બ્રેકીંગ સ્ટ્રેંગ્થ) શોધો.

ચોખૂણુ બીમનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૧ ચોરસ ઇંચ હોવાથી તેની પહોળાઇ ૧ ઇંચ અને ઉંડાઇ ૧ ઇંચ હોવી જોઇએ.

$$W : W_1 :: \frac{BD^2}{l} : \frac{BD^2}{l}$$

$$૪૨૦ : W_1 :: \frac{૧ \times ૧ \times ૧}{૧} : \frac{૯ \times ૧૨ \times ૧૨}{૨૪}$$

$$\therefore \frac{W_1 \times ૧ \times ૧ \times ૧}{૧} = \frac{૪૨૦ \times ૯ \times ૧૨ \times ૧૨}{૨૪}$$

$$\therefore W_1 = \frac{૪૨૦ \times ૯ \times ૧૨ \times ૧૨}{૨૪} = \underline{૨૨૬૮૦ \text{ પૌંડ.}}$$

દાખલો ૧૪.—એક કેન્ટીલીવર જે ૧૬ ફુટ લાંબો, ૪ ઇંચ પહોળો અને ૬ ઇંચ ઉંડો છે તે તેને છેડે લાધેલું ૨ ટનનું વજન ખમી શકે છે, તો તેજ જાતનાં લાકડાંનો બનાવેલો એક બીમ જેને બન્ને છેડે ટકવેલો છે અને જેની લંબાઇ ૨૦ ફુટ અને પહોળાઇ ૮ ઇંચ છે તે મધ્યમાં ૧૦ ટનનું વજન ખમી શકે તે માટે તેની ઉંડાઇ નક્કી કરો.

પહેલાં કેન્ટીલીવરની બાબતમાં—

$$Wl = \frac{fBD^2}{૬}$$

$$\therefore W = \frac{fBD^2}{૬l}$$

બીજા બીમની બાબતમાં—

$$\frac{W_1 l}{૪} = \frac{fBD^2}{૬l}$$

$$\therefore W_1 = \frac{૪fBD^2}{૬l}$$

$$W : W_{૧} : : \frac{f BD^{૨}}{૬l} : \frac{૪ f BD^{૨}}{૬l}$$

$$: : \frac{BD^{૨}}{l} : \frac{૪ BD^{૨}}{l}$$

$$૨ : ૧૦ : : \frac{૪ \times ૬ \times ૬}{૧૬} : \frac{૪ \times ૮ \times D^{૨}}{૨૦}$$

$$\therefore \frac{૨ \times ૪ \times ૮ \times D^{૨}}{૨૦} = \frac{૧૦ \times ૪ \times ૬ \times ૬}{૧૬}$$

$$\therefore D^{૨} = \frac{૧૦ \times ૪ \times ૬ \times ૬ \times ૨૦}{૧૬ \times ૨ \times ૪ \times ૮} = ૨૮{\cdot}૧૨૫$$

$$\therefore D = \sqrt{૨૮{\cdot}૧૨૫} = \underline{૫{\cdot}૩૩ \text{ ઇંચ}}$$

બીજી રીતઃ—

પહેલાં કેન્ટીલીવરની બાબતમાં—

$$W l = \frac{f BD^{૨}}{૬}$$

$$\therefore ૨ \times ૨૨૪૦ \times ૧૬ \times ૧૨ = \frac{f \times ૪ \times ૬ \times ૬}{૬}$$

$$\therefore f = \frac{૨ \times ૨૨૪૦ \times ૧૬ \times ૧૨ \times ૬}{૪ \times ૬ \times ૬} = ૩૫૮૪૦ \text{ પૌંડ.}$$

બીજા બીમની બાબતમાં—

$$\frac{W l}{૪} = \frac{f BD^{૨}}{૬}$$

$$\therefore \frac{૧૦ \times ૨૨૪૦ \times ૨૦ \times ૧૨}{૪} = \frac{૩૫૮૪૦ \times ૮ \times D^{૨}}{૬}$$

$$\therefore D^{૨} = \frac{૧૦ \times ૨૨૪૦ \times ૨૦ \times ૧૨ \times ૬}{૪ \times ૩૫૮૪૦ \times ૮} = ૨૮{\cdot}૧૨૫$$

$$\therefore D = \sqrt{૨૮{\cdot}૧૨૫} = \underline{૫{\cdot}૩૩ \text{ ઇંચ}}$$

દાખલો ૧૫.—૨૫ ફુટ લાંબો, ૫ ઇંચ પહોળો, અને ૯ ઇંચ ઉંડો એક બીમ જેને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે તે તેની આખી લંબાઇએ

સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું ૫ ટનનું વજન ખમી શકે છે, તો ૬ ઇંચ પહોળા અને ૧૨ ઇંચ ઉંડા એક કેન્ટીલીવરની લંબાઈ કેટલી રાખવી જોઇએ કે જેથી તેને બહારને છેડે લાધેલું પહેલાં જેટલુંજ વજન તે ખમી શકે.

પહેલા બીમની બાબતમાં—

$$\frac{Wl}{૮} = \frac{f\,BD^{૨}}{૬}$$

$$\therefore W = \frac{૮\,f\,BD^{૨}}{૬\,l}$$

બીજાં કેન્ટીલીવરની બાબતમાં—

$$W_{૧}\,l = \frac{f\,BD^{૨}}{૬}$$

$$\therefore W_{૧} = \frac{f\,BD^{૨}}{૬\,l}$$

$$\therefore W : W_{૧} :: \frac{૮\,f\,BD^{૨}}{૬\,l} : \frac{f\,BD^{૨}}{૬\,l}$$

$$:: \frac{૮\,BD^{૨}}{l} : \frac{BD^{૨}}{l}$$

$$૫ : ૫ :: \frac{૮ \times ૫ \times ૯ \times ૯}{૨૫} : \frac{૬ \times ૧૨ \times ૧૨}{l}$$

$$\frac{૫ \times ૬ \times ૧૨ \times ૧૨}{l} = \frac{૫ \times ૮ \times ૫ \times ૯ \times ૯}{૨૫}$$

$$\therefore l \times ૫ \times ૮ \times ૫ \times ૯ \times ૯ = ૫ \times ૬ \times ૧૨ \times ૧૨ \times ૨૫$$

$$\therefore l = \frac{૫ \times ૬ \times ૧૨ \times ૧૨ \times ૨૫}{૫ \times ૮ \times ૫ \times ૯ \times ૯}$$

$$= \underline{૬.૬ \text{ ફુટ.}}$$

બીજી રીતઃ—

પહેલા બીમની બાબતમાં—

$$\frac{Wl}{૮} = \frac{f\,BD^{૨}}{૬}$$

$$\frac{૫ \times ૨૨૪૦ \times ૨૫ \times ૧૨}{૮} = \frac{f \times ૫ \times ૯ \times ૯}{૬}$$

$$\therefore f = \frac{૫ \times ૨૨૪૦ \times ૨૫ \times ૧૨ \times ૬}{૮ \times ૫ \times ૯ \times ૯}$$

$$= ૬૨૨૨\text{·}૨ \text{ પૌંડ.}$$

બીજાં કેન્ટીલીવરની બાબતમાં—

$$Wl = \frac{f\,BD^{૨}}{૬}$$

$$૫ \times ૨૨૪૦ \times l' \times ૧૨ = \frac{૬૨૨૨\text{·}૨ \times ૬ \times ૧૨ \times ૧૨}{૬}$$

$$\therefore l' = \frac{૬૨૨૨\text{·}૨ \times ૬ \times ૧૨ \times ૧૨}{૬ \times ૫ \times ૨૨૪૦ \times ૧૨}$$

$$= \underline{૬\text{·}૬ \text{ ફુટ.}}$$

દાખલો ૧૬.—એક બીમ ૧૨ ફુટ લાંબો, ૫ ઇંચ પહોળો, અને ૭ ઇંચ ઉંડો છે, અને તેને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે, તો એક ટેકાથી ૫ ફુટ દુર તે કેટલું વજન ખમી શકશે તે શોધો. f = દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૦૨૦ પૌંડ.

$$R \times ૧૨ = W \times ૭$$

$$\therefore R = \frac{૭W}{૧૨}$$

$$W \text{ આગળનું B. M.} = R \times ૫ \times ૧૨$$

$$= \frac{૭W}{૧૨} \times ૫ \times ૧૨$$

$$= ૩૫\,W \text{ ઇંચ–પૌંડ.}$$

પણ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ = રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ

$$૩૫ W = \frac{f BD^{૨}}{૬}$$

$$૩૫ W = \frac{૧૦૨૦ \times ૫ \times ૭ \times ૭}{૬}$$

$$\therefore W = \frac{૧૦૨૦ \times ૫ \times ૭ \times ૭}{૬ \times ૩૫}$$

$$= ૧૧૯૦ \text{ પૌંડ.}$$

દાખલો ૧૭.—એક ચોખૂણ છેદચિત્રનો ઘડતર લોઢાંનો બીમ ૫ ઈંચ ઉંડો અને ૩ ઈંચ પહોળો છે, અને તેની લંબાઈ ૬ ફુટ છે, તો મધ્યમાં તે બીમ કેટલું વજન ખમી શકશે. f = દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૩ ટન છે.

$$\frac{Wl}{૪} = \frac{f BD^{૨}}{૬}$$

$$\frac{W \times ૬ \times ૧૨}{૪} = \frac{૩ \times ૨૨૪૦ \times ૩ \times ૫ \times ૫}{૬}$$

$$\therefore W = \frac{૩ \times ૨૨૪૦ \times ૩ \times ૫ \times ૫ \times ૪}{૬ \times ૬ \times ૧૨}$$

$$= ૪૬૬૬\cdot૬ \text{ પૌંડ.}$$

દાખલો ૧૮.—૫ ફુટ દુર આવેલા ટેકાઓ ઉપર ટેકવેલી ઘડતર લોઢાંની એક શાફ્ટ તેનાં મધ્યમાં લાધેલો ૨ ટનનો લોડ ખમી શકે છે. જો શાફ્ટનો વ્યાસ ૪ ઈંચ હોય તો વળી જવાનાં કાર્યને લીધે તે શાફ્ટ ઉપર આવતું વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ કેટલું હશે? શાફ્ટનું વજન ધ્યાનમાં લેવાનું નથી.

વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ $= \frac{f \pi D^{૩}}{૩૨}$

$$\frac{Wl}{૪} = \frac{f \pi D^{૩}}{૩૨}$$

$$\frac{૨ \times ૫ \times ૧૨}{૪} = \frac{f \times ૩\cdot૧૪૧૬ \times ૪ \times ૪ \times ૪}{૩૨}$$

$$f = \frac{૨ \times ૫ \times ૧૨ \times ૩૨}{૪ \times ૩\cdot૧૪૧૬ \times ૪ \times ૪ \times ૪}$$

$$= ૪\cdot૭૭ \text{ ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ.}$$

દાખલો ૧૯.—દાખલા ૧૭માં બન્ને ટેકા વચ્ચે શાફ્ટનું વજન ૨૧૦ પૌંડ છે, તો શાફ્ટનું વજન ધ્યાનમાં લેતાં તે શાફ્ટ ઉપર વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ કેટલું હશે?

શાફ્ટનું વજન મધ્યમાં કાર્ય કરશે.

∴ મધ્યમાં કાર્ય કરતો કુલ લોડ $= ૨ + \frac{૨૧૦}{૨૨૪૦} = ૨\cdot૦૯૩૭૫$ ટન.

$$\frac{Wl}{૪} = \frac{f\pi D^3}{૩૨}$$

$$\frac{૨\cdot૦૯૩૭૫ \times ૫ \times ૧૨}{૪} = \frac{f \times ૩\cdot૧૪૧૬ \times ૪ \times ૪ \times ૪}{૩૨}$$

$$\therefore f = \frac{૨\cdot૦૯૩૭૫ \times ૫ \times ૧૨ \times ૩૨}{૪ \times ૩\cdot૧૪૧૬ \times ૪ \times ૪ \times ૪} = ૪\cdot૯૯ \text{ ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ}$$

દાખલો ૨૦.—એક ચોખૂણ છેદચિત્રનો બીમ ૩ ઇંચ પહોળો, ૪ ઇંચ ઉંડો, અને ૯ ફુટ લાંબો છે, અને તેને બન્ને છેડે ટેકાઓ ઉપર ટેકવેલો છે. આ બીમ ૩૦૦૦ પૌંડનું વજન મધ્યમાં લાધવાથી તૂટી જાય છે, તો ૩ ઇંચ પહોળો, ૬ ઇંચ ઉંડો, અને ટેકાઓ વચ્ચે ૬ ફુટ લાંબો બીમ એક છેડેથી ૨ ફુટ દુર લાદેલાં કેટલાં વજન વડે તૂટી જશે?

પહેલા બીમની બાબતમાં

$$\frac{Wl}{૪} = \frac{fBD^2}{૬}$$

$$\frac{૩૦૦ \times ૬ \times ૧૨}{૪} = \frac{f \times ૩ \times ૪ \times ૪}{૬}$$

$$\therefore f = \frac{૩૦ \times ૬ \times ૧૨ \times ૬}{૪ \times ૩ \times ૪ \times ૪}$$

$$= ૬૭૫૦ \text{ પૌંડ.}$$

બીજા બીમની બાબતમાં—

$$R \times ૬ = W \times ૪$$

$$\therefore R = \frac{૪ W}{૬}$$

W આગળનું B. M. $= R \times ૨ \times ૧૨$

$$= \frac{૪ W}{૬} \times ૨ \times ૧૨$$

$$= ૧૬ W \text{ ઇંચ પૌંડ}$$

$$૧૬ W = \frac{f BD^2}{૬}$$

$$૧૬ W = \frac{૬૭૫૦ \times ૩ \times ૬ \times ૬}{૬}$$

$$\therefore W = \frac{૬૭૫૦ \times ૩ \times ૬ \times ૬}{૬ \times ૧૬} = \underline{૭૫૯૩\cdot૭૫ \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૨૧.—એક લાકડાંના બીમનો એક છેડો દીવાલમાં ચણી લીધો છે અને દીવાલથી ૮ ફૂટ જેટલો તે બહાર નીકળેલો છે. આ બીમની પહોળાઈ ૬ ઇંચ છે, તો તેની લંબાઇએ સરખી રીતે વહેંચાયલું ૧૪૦૦ પૈાંડનું વજન નિર્ભય રીતે ખમી શકવાને તેની ઉંડાઈ કેટલી જોઈશે ? એમ માની લેવાનું છે કે એક લાકડાંનો બીમ ૧ ફૂટ લાંબો, ૧ ઇંચ પહોળો અને ૧ ઇંચ ઉંડો હોય અને તેનો એક છેડો સજ્જડ કરી બીજે છેડે વજન લાધ્યું હોય તો તેવો બીમ ૧૪૦ પૌંડના વજનથી ભાંગી જશે, અને સલામતી સાથે લઇ શકાતો (સેફ) લોડ તોડી નાખનારા (બ્રેકીંગ) લોડનાં $\frac{૧}{૬}$ જેટલો છે.

બીજા બીમમાં સેફ લોડ $= \frac{૧૪૦}{૬}$ પૌંડ

$\therefore$ સેફ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= Wl = \frac{૧૪૦ \times ૧૨}{૬}$

$$\therefore \frac{૧૪૦ \times ૧૨}{૬} = \frac{f\ BD^2}{૬}$$

$$\therefore \frac{૧૪૦ \times ૧૨}{૬} = \frac{f \times ૧ \times ૧ \times ૧}{૬}$$

$$\therefore f = \frac{૧૪૦ \times ૧૨ \times ૬}{૬}$$

$$= ૧૬૮૦ \text{ પૌંડ}$$

પહેલા બીમમાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= \frac{Wl}{૨} = \frac{૧૪૦૦ \times ૮ \times ૧૨}{૨}$

$$\therefore \frac{૧૪૦૦ \times ૮ \times ૧૨}{૨} = \frac{f BD^૨}{૬}$$

$$\therefore \frac{૧૪૦૦ \times ૮ \times ૧૨}{૨} = \frac{૧૬૮૦ \times ૬ \times D^૨}{૬}$$

$$\therefore D^૨ = \frac{૧૪૦૦ \times ૮ \times ૧૨ \times ૬}{૨ \times ૧૬૮૦ \times ૬} = ૪૦$$

$$\therefore D = \sqrt{૪૦}$$

$$= ૬.૩૨૪ \text{ ઇંચ}$$

દાખલો ૨૨.—એક બીમ જેનાં છેદચિત્રનો આકાર I જેવો છે તે ટેકાઓ વચ્ચે ૧૦ ફુટ લાંબો છે તથા તેની ઉંચાઈ ૬ ઇંચ છે અને બન્ને ફ્લેંજની પહોળાઈ ૩ ઇંચ છે. ધાતુની જાડાઈ $\frac{૧}{૨}$ ઇંચ છે. આ બીમ ઉપર સ્પેન (span)નાં મધ્યમાં એક વજન લાધવાનું છે. જો વળી જવાને લીધે આવતું વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૫ ટનથી વધુ લેવાનું ન હોય તો આ વજન શોધો.

I આકારના બીમનાં છેદચિત્રનું રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ એટલે વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ $= f\,BTD$ છે, એમાં D = બન્ને ફ્લેંજ વચ્ચેનું ફ્લેંજની જાડાઈનાં મધ્યથી મધ્ય સુધીનું અંતર છે, ત્યારે $D = ૬ - \frac{૧}{૨} = ૫\frac{૧}{૨}$ ઇંચ.

આ બીમને બન્ને છેડે ટેકવી તેનાં મધ્ય આગળ વજન લાધવાનું છે, માટે

વધુમાં વધુ (મેકસીમમ) બેન્ડીંગ મોમેન્ટ $= \frac{Wl}{૪}$.

$$\therefore \frac{Wl}{૪} = f\text{BTD}.$$

$$\frac{W \times ૧૦ \times ૧૨}{૪} = ૫ \times ૩ \times ·૫ \times ૫·૫$$

$$\therefore W = \frac{૫ \times ૩ \times ·૫ \times ૫·૫ \times ૪}{૧૦ \times ૧૨}$$

$$= \underline{૧·૩૭૫ \text{ ટન.}}$$

દાખલો ૨૩.—એક ગર્ડર (girder) જેનો સ્પેન (એટલે ટેકાઓ વચ્ચેની લંબાઈ) ૬૦ ફુટ છે અને જેનું વજન ૩ ટન છે તેને બન્ને છેડેથી ટેકવેલો છે. એક છેડેથી બીમની ૨૦ ફુટ લંબાઈ ઉપર દર ફુટ લંબાઈ દીઠ ૧ ટનનું વજન સરખી રીતે વહેંચેલું છે, તો દરેક ટેકા ઉપરનું દબાણ શોધો. વળી ગર્ડરનાં સ્પેનનાં મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો. જો ગર્ડરની ઉંડાઈ (ઉંચાઈ) ફ્લેંજની જાડાઈનાં મધ્યથી મધ્ય સુધી ૬ ફુટ હોય અને લેવા દેવામાં આવતું સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪ ટન હોય તો બીમનાં મધ્ય આગળ દરેક ફ્લેંજનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ શોધો.

ધારો કે ડાબા હાથ તરફના ટેકાથી બીમની ૨૦ ફુટ લંબાઈ ઉપર સમાન રીતે વહેંચીને વજન લાધેલું છે જે ૨૦ ટન છે. આ વજન ૨૦ ફુટની લંબાઈનાં મધ્યમાં કાર્ય કરે છે, એટલે ડાબા હાથ તરફના ટેકાથી ૧૦ ફુટ દુર કાર્ય કરે છે.

બીમનું પોતાનું વજન ૩ ટન છે જે બીમની લંબાઇનાં મધ્યમાં કાર્ય કરે છે.

ધારો કે, R = ડાબા હાથ તરફના ટેકા ઉપરનું દબાણ,

અને $R_૧$ = જમણા હાથ તરફના ટેકા ઉપરનું દબાણ.

$$R \times ૬૦ = ૨૦ \times ૫૦ + ૩ \times ૩૦$$
$$= ૧૦૦૦ + ૯૦ = ૧૦૯૦$$

$$\therefore R = \frac{૧૦૯૦}{૬૦} = \underline{૧૮·૧૬૬ \text{ ટન.}}$$

$$R_૧ = ૨૩ - ૧૮·૧૬૬ = \underline{૪·૮૩૪ \text{ ટન.}}$$

મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધવા માટે બીમનાં મધ્યની ડાબી બાજુ તરફનાં જોરો નીચે પ્રમાણે છે:—

પહેલું, ડાબા ટેકા ઉપરનું પ્રતિકાર્ય જે ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરે છે અને તેનો લીવરેજ ૩૦ ફુટ છે.

બીજું, ૨૦ ટનનું સરખી રીતે વહેંચાયલું વજન જે નીચલી દિશામાં કાર્ય કરે છે અને તેનો લીવરેજ ૨૦ ફુટ છે.

ત્રીજું, બીમની અર્ધી લંબાઈનું પોતાનું વજન જે બીમની અર્ધી લંબાઈનાં મધ્યમાં નીચલી દિશામાં કાર્ય કરે છે અને તેનો લીવરેજ ૧૫ ફુટ છે.

ત્યારે, મધ્ય આગળનું B.M. $= ૧૮\cdot૧૬૬ \times ૩૦ - ૨૦ \times ૨૦ - ૧\cdot૫ \times ૧૫$

$= ૫૪૪\cdot૯૮ - ૪૦૦ - ૨૨\cdot૫$

$= ૫૪૪\cdot૯૮ - ૪૨૨\cdot૫$

$= \underline{૧૨૨\cdot૪૮}$ ટન–ફુટ.

દરેક ફ્લેંજ ઉપરનું સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ $= f =$ ૪ ટન છે.

ફ્લેંજનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ઇંચમાં $= B \times T = A$ છે.

ત્યારે બીમનાં મધ્યનાં છેદચિત્ર આગળ વળી જવાની સામે કાર્ય કરતું મોમેન્ટ $= f\,AD' =$ ટન–ફુટ જે બેન્ડીંગ મોમેન્ટની બરાબર છે.

$\therefore ૧૨૨\cdot૪૮ = f\,AD'$

$૧૨૨\cdot૪૮ = ૪ \times A \times ૬$

$$\therefore A = \frac{૧૨૨\cdot૪૮}{૪ \times ૬} = \underline{૫\cdot૧ \text{ ચોરસ ઇંચ.}}$$

દાખલો ૨૪.—એક નક્કર ગોળાકાર છેદચિત્રના બીમનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે. એક પોકળ ગોળાકાર છેદચિત્રના બીમનો બહારનો વ્યાસ ૮ ઇંચ છે. તો નક્કર બીમનાં ધાતુનાં છેદચિત્ર જેટલુંજ પોકળ બીમનાં ધાતુનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ મેળવવા માટે પોકળ બીમનો અંદરનો વ્યાસ શોધો. વળી વાંકા વળી જવાની સામે થતાં નક્કર બીમનાં છેદચિત્રનાં મોમેન્ટને ૧ તરીકે લઈ પોકળ બીમનાં છેદચિત્રનું વળી જવાની સામે થતું મોમેન્ટ શોધો.

નક્કર બીમનું ધાતુનું ક્ષેત્રફળ = પોકળ બીમનું ધાતુનું ક્ષેત્રફળ

$$D^2 \times .7854 = .7854\ (D^2 - d^2)$$

$$\therefore\ D^2 = D^2 - d^2$$

$$6 \times 6 = (8 \times 8) - d^2$$

$$36 = 64 - d^2$$

$$\therefore\ d^2 = 64 - 36 = 28$$

$$\therefore\ d = \sqrt{28} = \underline{5.29 \text{ ઇંચ}}$$

નક્કર બીમનાં છેદચિત્રનું રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ $= \dfrac{f\pi D^3}{32}$

પોકળ બીમનાં છેદચિત્રનું રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ $= \dfrac{f\pi(D^4 - d^4)}{32D}$

$$\frac{f\pi D^3}{32} : \frac{f\pi(D^4 - d^4)}{32\ D} :: 1 : \text{રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ}$$

$$D^3 : \frac{D^4 - d^4}{D} :: 1 : \text{રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ}$$

$$6^3 : \frac{8^4 - 5.29^4}{D} :: 1 : \text{રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ}$$

$$216 : \frac{4096 - 783.11}{8} :: 1 : \text{રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ}$$

$$216 : \frac{3312.89}{8} :: 1 : \text{રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ}$$

$$\therefore\ \text{રીઝીસ્ટીંગ મોમેન્ટ} = \frac{3312.89}{8 \times 216} = \underline{1.917}$$

દાખલો ૨૫.—એક સ્ટીલ જોઇસ્ટ (Joist)ની કુલ ઉંડાઈ અથવા ઉંચાઈ ૧૮ ઇંચ છે; ફ્લેંજીસ ૭ ઇંચ પહોળી અને ·૯૪ ઇંચ જાડી છે; વેબ ·૫૫ ઇંચ જાડી છે; તો તેનાં છેદચિત્રનો ગુણક એટલે મોડયુલસ Z ઇંચમાં ચોક્સ ખરા નિયમ વડે શોધો, અને વળી અડસ્તે ખરા નિયમ વડે શોધો.

ચોક્કસ ખરો નિયમઃ—

મોડયુલસ $Z = \dfrac{BD^3 - bd^3}{6\ D}$

b = ૭ − ·૫૫ = ૬·૪૫ ઈંચ.
d = ૧૮ − ·૯૪ − ·૯૪ = ૧૬·૧૨ ઇંચ.

મોડ્યુલસ $Z = \frac{BD^3 - bd^3}{૬D}$

$= \frac{૭ \times (૧૮)^3 - ૬·૪૫ \times (૧૬·૧૨)^3}{૬ \times ૧૮}$

$= \frac{૪૦૮૨૪ - ૨૭૦૧૮·૧}{૧૦૮} = \frac{૧૩૮૦૫·૯}{૧૦૮}$

= <u>૧૨૭·૮૩.</u>

અડસતે ખરો નિયમ :—
મોડ્યુલસ Z = AD = BTD
B = ૭ ઇંચ, T = ·૯૪ ઇંચ, અને
D = ૧૮ − ·૯૪ = ૧૭·૦૬ ઇંચ.
મોડ્યુલસ Z = BTD

= ૭ × ·૯૪ × ૧૭·૦૬ = <u>૧૧૨·૨૫૫</u>

એકસર્સાઇઝ ૭મી.

૧. સમાન છેદચિત્રનો એક લાકડાંનો બીમ ૧૬ ફુટ લાંબો છે તો ૨૦૦૦ ફુટ–પૌંડનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ ઉત્પન્ન કરવા માટે નીચે મુજબની સ્થિતિમાંની દરેકમાં કેટલું વજન મુકવું જોઇએ:—

(૧) એક છેડે સજ્જડ કરેલો અને બીજે છેડે વજન લાધેલું.
(૨) એક છેડો સજ્જડ કરેલો અને આખી લંબાઇએ સરખી વહેંચીને વજન લાધેલું.
(૩) દરેક છેડે ટેકવેલો અને મધ્યમાં વજન લાધેલું.
(૪) દરેક છેડે ટેકવેલો અને આખી લંબાઇએ સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધેલું.
(૫) દરેક છેડે સજ્જડ કરેલો અને મધ્યમાં વજન લાધેલું.
(૬) દરેક છેડે સજ્જડ કરેલો અને આખી લંબાઇએ સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધેલું.

૨. એક કેન્ટીલીવર ૧૦ ફુટ લાંબો છે અને બહારને છેડે ૩ ટનનું વજન લાધેલું છે, તથા ૧·૫ ટનનું વજન તેની આખી લંબાઈએ એક સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું છે, તો સૌથી વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

૩. એક કેન્ટીલીવર ૧૬ ફુટ લાંબો છે અને તેની લંબાઈએ દરેક ચાર ચાર ફુટને અંતરે $\frac{3}{4}$ ટનનાં વજનો લાધેલાં છે, તો જ્યાં દરેક વજન લાધવામાં આવ્યું હોય ત્યાં આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને સૌથી વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

૪. એક બીમ જેને દરેક છેડે ટેકવેલો છે અને ટેકાઓ વચ્ચેની લંબાઈ એટલે સ્પેન ૨૦ ફુટ છે તે ઉપર તેનાં મધ્યમાં ૨ ટનનું વજન અને દરેક ટેકાથી ૫ ફુટ દુર એક ટનનાં વજનો લાધેલાં છે. તો દરેક વજન આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો અને સૌથી વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

૫. ૨૪ ફુટ લાંબા બીમને દરેક છેડે ટેકવેલો છે, અને તે ઉપર એકજ છેડેથી ૨ ફુટ, ૧૬ ફુટ, ૮ ફુટ, અને ૨૦ ફુટનાં અંતરે અનુક્રમે ૨, ૬, ૪, અને ૧૦ હંડ્રેડવેટનાં વજનો લાધેલાં છે, તો આ દરેક બિંદુ આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

૬. એક બીમ જેને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે તેની ટેકાઓ વચ્ચેની લંબાઈ ૧૨ ફુટ છે અને ૨૪૦૦ પૌંડનાં વજનને તેની આખી લંબાઇએ સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું છે, તો મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ અને દરેક છેડાથી ૩ ફુટ દુર આવેલાં બિંદુ આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

૭. ૧૮ ફુટ લાંબા એક બીમને બન્ને છેડે ટેકવી ૪ ટનનું વજન તેની આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું છે, તો એક છેડાથી ૩ ફુટ, ૧૦ ફુટ અને ૧૫ ફુટ દુર આવેલાં છેદચિત્ર આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ અને વળી વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

૮. એક બીમ જેના બન્ને છેડા દીવાલમાં ચણી લીધા છે અને જેની લંબાઇ ૨૦ ફુટ છે તેનાં મધ્યમાં ૬ ટનનું વજન લાધેલું છે, તો સૌથી વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

૯. ૩૦ ફુટ લાંબા બીમના બન્ને છેડા દીવાલમાં ચણી લઈ સજ્જડ કરેલા છે અને તે ઉપર ૪ ટનનું વજન આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું છે, તો મધ્ય અને છેડાઓ આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને વળી સૌથી વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો.

૧૦. એકજ જાતનાં પદાર્થમાંથી બનાવેલા બે બીમની પહોળાઈ અનુક્રમે ૮ ઇંચ અને ૧૨ ઇંચ છે, અને ઉંડાઈ ૧૨ ઇંચ અને ૮ ઇંચ છે, તો તેમનાં સંબંધી જોરો શોધો.

૧૧. એકજ જાતનાં લાકડાના બનાવેલા બે બીમને દરેક છેડેથી ટેકવેલો છે જેમાંનો એક બીમ ૨૪ ફુટ લાંબો, ૧૦ ઇંચ પહોળો અને ૧૨ ઇંચ ઉંડો છે, અને બીજો બીમ ૧૨ ફુટ લાંબો, ૮ ઇંચ પહોળો અને ૧૦ ઇંચ ઉંડો છે, તો કયો બીમ મધ્યમાં વધુ વજન ખમી શકશે? જો પહેલો બીમ મધ્યમાં લાધેલું ૬ ટનનું વજન ખમી શકે છે, તો બીજો બીમ મધ્યમાં કેટલું વજન ખમી શકશે?

૧૨. એક ચોખૂણ છેદચિત્રના બીમને દરેક છેડે ટેકવેલો છે, અને તેની પહોળાઈ ૬ ઇંચ અને ઉંડાઈ ૧૦ ઇંચ છે. આ બીમ મધ્યમાં લાધેલું ૪ ટનનું વજન ખમી શકે છે. તો એવીજ રીતે ટેકવેલા અને સરખી લંબાઈના ગોળ છેદચિત્રવાળા બીમનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ કે જેથી તે મધ્યમાં તેટલુંજ વજન ખમી શકે.

૧૩. ૧૨ ઇંચ લાંબો અને એક ઇંચ ચોરસ છેદચિત્રનો એક બીમ ૩૦૦ પૌંડનું વજન સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો તેજ પદાર્થના બનાવેલા બીજા બીમ જેની લંબાઈ ૧૪ ફુટ અને ઉંચાઇ ૭ ઇંચ છે તેની પહોળાઈ કેટલી રાખવી જોઇએ કે જેથી તે ૨ ટનનું વજન તેવીજ રીતે સલામતી સાથે ખમી શકે.

૧૪. એક બીમ ૧૬ ફુટ લાંબો, ૫ ઇંચ પહોળો અને ૧૦ ઇંચ ઉંડો છે. બીજો બીમ ૧૮ ફુટ લાંબો અને ૮ ઇંચ પહોળો છે; તો આ બીજા બીમની ઉંડાઈ કેટલી હોવી જોઈએ કે જેથી બન્ને બીમો એક સરખા જોરના થાય.

૧૫. દાખલા ૧૪માંનો પહેલો બીમ સલામતી સાથે ૧ ટનનું વજન ખમી શકે છે, તો બીજો બીમ ૪ ટનનું વજન સલામતી સાથે ખમી શકે તે માટે તેની ઉંડાઈ કેટલી રાખવી જોઈએ?

૧૬. એક બીમ જેનાં ચોખૂણ છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૧ ચોરસ ઇંચ છે અને લંબાઈ ૧ ફુટ છે તે ૨૭૦ પૌંડનું વજન સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો બીજો બીમ જે ૮ ઇંચ પહોળો અને ૨૪ ફુટ લાંબો છે તે ૮ ટનનું વજન તેવીજ રીતે સલામતી સાથે ખમી શકે તે માટે તેની ઉંડાઈ કેટલી હોવી જોઇએ?

૧૭. એક બીમ ૧૬ ફુટ લાંબો, ૪ ઇંચ પહોળો અને ૮ ઇંચ ઉંડો છે. બીજો બીમ ૬ ઇંચ પહોળો અને ૧૦ ઇંચ ઉંડો છે, તો આ છેલ્લા બીમની લંબાઈ કેટલી રાખવી જોઇએ કે જેથી બન્ને બીમ એક સરખા મજબુત થાય.

૧૮. એક બીમ જેને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે અને જે ૫ ફુટ લાંબો, ૨$\frac{૧}{૨}$ ઇંચ પહોળો અને ૪ ઇંચ ઉંડો છે તે તેનાં મધ્ય આગળ લાધેલા ૩૫૦૦ પૌંડનાં વજનથી તૂટી જાય છે. જો તેવાજ બીમની લંબાઈ ૬ ફુટ, પહોળાઈ ૩ ઇંચ અને ઉંડાઈ ૫ ઇંચ હોય, તો તે ઉપર તેની આખી લંબાઇએ સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલાં કેટલાં વજનથી તે ભાંગી જશે?

૧૯. એક કેન્ટીલીવર જે ૧૨ ફુટ લાંબો, ૩ ઇંચ પહોળો અને ૫ ઇંચ ઉંડો છે તે તેને છેડે લાધેલું ૧૨૦૦ પૌંડનું વજન સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો તેજ જાતનો લાકડાંનો બનાવેલો એક બીમ જેને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે અને જેની લંબાઇ ૨૨ ફુટ અને ઉંડાઇ ૯ ઇંચ છે તે મધ્યમાં ૮ ટનનું વજન ખમી શકે તે માટે તેની પહોળાઇ નક્કી કરો.

૨૦. ૧૮ ફુટ લાંબો, ૪ ઇંચ પહોળો અને ૭ ઇંચ ઉંડો એક બીમ જેને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે તે તેનાં મધ્યમાં ૬ ટનનું વજન સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો ૫ ઇંચ પહોળા અને ૯ ઇંચ ઉંડા એક કેન્ટીલીવરની લંબાઇ કેટલી રાખવી જોઇએ કે જેથી તેની આખી લંબાઇએ સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું પહેલાં જેટલુંજ વજન તે ખમી શકે.

૨૧. એક બીમ જે ૧૫ ફુટ લાંબો, ૫ ઇંચ પહોળો અને ૮ ઇંચ ઉંડો છે તેને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે, તો એક ટેકાથી ૬ ફુટ દુર તે કેટલું વજન ખમી શકશે તે શોધો. f = ૬૨ ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧ ટન છે.

૨૨. એક ચોખૂણુ છેદચિત્રનો ઘડતર લોઢાંનો બીમ ૪ ઇંચ પહોળો અને ૭ ઇંચ ઉંડો છે અને તેની લંબાઇ ૮ ફુટ છે, તો મધ્યમાં તે બીમ કેટલું વજન ખમી શકશે ? f = ૬૨ ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪ ટન છે.

૨૩. દાખલા ૨૨માં આપેલા બીમને એવી રીતે ગોઠવવામાં આવે કે જેથી તેની પહોળાઈ ઉંડાઇ બને અને ઉંડાઇ પહોળાઇ બને, તો તે મધ્યમાં કેટલું વજન ખમી શકશે ?

૨૪. એક કેન્ટીલીવર ૬ ફુટ લાંબો અને ૮ ઇંચ ઉંડો છે અને તેને ૨૦૦૦ પૌંડનું વજન લાધેલું છે. એમ આપેલું છે કે ૬ ઇંચ લાંબા અને એક ઇંચ ચોરસ કેન્ટીલીવરને છેડે ૨૫૦ પૌંડનું વજન મુકવાથી તે તૂટી જાય છે, તો પહેલાં કેન્ટીલીવરની પહોળાઇ શોધો. વળી જ્યારે પહેલાં કેન્ટીલીવર ઉપર ૧૬૦૦ પૌંડનું વધારાનું વજન સરખી રીતે વહેંચીને લાધવામાં આવે ત્યારે તે કેન્ટીલીવરની પહોળાઇ કેટલી રાખવી જોઇએ તે શોધો. દરેક બાબતમાં ફેકટર ઓફ સેફટી ૪ છે.

૨૫. એક બીમ ૨૦ ફુટ લાંબો છે જે મધ્યમાં ૧૦૦૦ પૌંડનું વજન ખમી શકે છે. જો આ વજનને બદલે પાંચ પાંચ ફુટને અંતરે W પૌંડનાં ત્રણ વજનો મુકવામાં આવે તો W શોધો કે જેથી બીમ ઉપર વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ પહેલાંનાં જેટલુંજ આવે.

૨૬. એક ઘડતર લોઢાંની શાફ્ટને ૬ ફુટનાં અંતરે આવેલા ટેકાઓ ઉપર ગોઠવેલી છે અને મધ્યમાં ૩ ટનનો લોડ તે ખમી શકે છે. જો શાફ્ટનો વ્યાસ ૫ ઇંચ હોય તો વળી જવાનાં કાર્યને લીધે તે શાફ્ટ ઉપર આવતું વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ કેટલું હશે? શાફ્ટનું વજન ધ્યાનમાં લેવાનું નથી.

૨૭. દાખલા ૨૬માં બન્ને ટેકા વચ્ચે શાફ્ટનું વજન ૩૦૦ પૌંડ હોય, તો શાફ્ટનું વજન ધ્યાનમાં લેતાં તે શાફ્ટ ઉપર વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ કેટલું હશે?

૨૮. ૮ ફુટ લાંબો અને ૩ ઇંચ સમચોરસ છેદચિત્રનો એક બીમ તેનાં મધ્યમાં ૮૦૦ પૌંડનાં વજનથી તૂટી જાય છે. આ બીમનાં જેવાંજ લાકડાંના બનાવેલા બે કેન્ટીલીવર જેની લંબાઈ ૫ ફુટ અને ઉંડાઈ ૮ ઇંચ છે તે ઉપર એક ટાંકી જેમાં ૩ ટન વજનનું પાણી ભરેલું છે તે ટેકવેલી છે, તો આ કેન્ટીલીવરની પહોળાઈ શોધો?

૨૯. એક ચોખૂણુ છેદચિત્રનો બીમ ૨ ઇંચ પહોળો, ૪ ઇંચ ઉંડો અને ૮ ફુટ લાંબો છે અને તેને દરેક છેડે ટેકવેલો છે. આ બીમ ૨૮૦૦ પૌંડનું વજન તેની આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને લાધવાથી તૂટી જાય છે, તો તેજ પદાર્થનો બનાવેલો ૪ ઇંચ પહોળો, ૭ ઇંચ ઉંડો અને ટેકાઓ વચ્ચે ૧૦ ફુટ લાંબો બીમ એક છેડેથી ૪ ફુટ દુર લાધેલાં કેટલાં વજન વડે તૂટી જશે?

૩૦. એક ગોળ બારને બીમ તરીકે વાપરવાનો છે, ટેકાઓ વચ્ચે તે બારની લંબાઈ ૧૨ ફુટ છે, તો એક ટેકાથી ૫ ફુટને અંતરે ૨ ટનનું વજન ખમી શકવા માટે તે બારનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઇએ તે શોધો. f = દર ચો. ઇંચ દીઠ ૪ ટન છે.

૩૧. એક લાકડાંનો કેન્ટીલીવર દીવાલથી ૬ ફુટ જેટલો બહાર નીકળેલો છે. આ લીવરની ઉંડાઈ ૫ ઇંચ છે, તો તેને છેડે ૪૦૦ પૌંડનું વજન નિર્ભય રીતે ખમી શકવાને તેની પહોળાઈ કેટલી જોઇશે? એમ આપેલું છે કે એક લાકડાંનો

કેન્ટીલીવર ૧ ફુટ લાંબો, ૧ ઈંચ પહોળો અને ૧ ઈંચ ઉંડો હોય અને તેની આખી લંબાઇએ સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધ્યું હોય તો તેવો કેન્ટીલીવર ૧૫૦ પાંઉનાં વજનથી ભાંગી જશે. ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ૮ છે.

૩૨. બન્ને છેડે ટેકવેલા એક બીમની પહોળાઈ B ઈંચ અને ઉંડાઈ D ઇંચ છે, અને મધ્યમાં તે W પાંઉનું વજન ખમી શકે છે. જો W ને મધ્ય અને છેડા વચ્ચે અર્ધ અંતરે ખસેડવામાં આવે તો D કેટલો ઓછો કરી શકાય?

૩૩. એક બીમ જેનાં છેદચિત્રનો આકાર I જેવો છે તે ટેકાઓ વચ્ચે ૧૨ ફુટ લાંબો છે. આ બીમની કુલ ઉંચાઈ ૮ ઇંચ છે અને બન્ને ફ્લેંજની પહોળાઇ ૪ ઇંચ છે. ધાતુની જાડાઈ $\frac{1}{2}$ ઇંચ છે આ બીમ ઉપર તેની આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને વજન લાધવાનું છે. જો વળી જવાને લીધે આવતું વધુમાં વધુ સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪ ટન લેવાનું હોય તો આ વજન શોધો.

૩૪. એક બીમ જેનાં છેદચિત્રનો આકાર I જેવો તે ૨૫ ફુટ લાંબો છે અને તેને દરેક છેડે ટેકવેલો છે. બીમની ઉંડાઈ ૧૫ ઇંચ છે તથા તેનાં મથાળાં અને તળીયાંની ફ્લેંજની પહોળાઇ ૬ ઇંચ અને જાડાઇ $\frac{1}{2}$ ઇંચ છે. જો દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૪ ટનનું સ્ટ્રેસ લેવા દેવામાં આવે તો તે બીમ પોતાનાં મધ્ય આગળ લાધેલું કેટલું વજન ખમી શકશે? બીમનું વજન ધ્યાનમાં લેવાનું નથી.

૩૫. દાખલા ૩૪માં આપેલા બીમનું વજન જો દર ફુટ લંબાઇ દીઠ ૬૪ પાંઉ હોય તો તે બીમ મધ્યમાં લાધેલું કેટલું વજન ખમી શકશે?

૩૬. એક ગર્ડર જેનો સ્પેન ૫૦ ફુટ છે અને વજન ૨ ટન છે તેને બન્ને છેડેથી ટેકવેલો છે. એક છેડેથી બીમની ૧૫ ફુટ લંબાઈ ઉપર દર ફુટ લંબાઈ દીઠ $\frac{1}{2}$ ટનનું વજન સરખી રીતે

વહેંચીને લાધેલું છે, તો દરેક ટેકા ઉપરનું દબાણ શોધો. વળી ગર્ડરનાં સ્પેનનાં મધ્ય આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો. જો ગર્ડરની ઉંડાઈ ફ્લૅંજની જાડાઇનાં મધ્યથી મધ્ય સુધી ૫ ફુટ હોય અને લેવા દેવામાં આવતું સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૩ ટન હોય તો બીમનાં મધ્ય આગળ દરેક ફ્લૅંજનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ શોધો.

૩૭. એક સ્ટીલના રોલ્ડ જોઇસ્ટનો ઉપયોગ કેન્ટીલીવર તરીકે કરેલો છે. દીવાલથી બહાર નીકળેલી તે જોઇસ્ટની લંબાઈ ૧૦ ફુટ છે અને ઉંચાઈ ૧૦ ઇંચ છે. દરેક ફ્લૅંજની પહોળાઈ ૫ ઇંચ છે અને જાડાઈ $\frac{1}{2}$ ઈંચ છે. જો લેવા દેવામાં આવતું સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૪ ટન હોય તો આ કેન્ટીલીવરને છેડે કેટલું વજન લાધી શકાય?

૩૮. એક ઘડતર લોઢાંના નક્કર ગોળાકાર છેદચિત્રના બીમનો વ્યાસ ૫ ઇંચ છે. તેજ ધાતુના એક પોકળ ગોળાકાર છેદચિત્રના બીમનો બહારનો વ્યાસ ૭ ઇંચ છે. તો નક્કર બીમની ધાતુનાં છેદચિત્ર જેટલુંજ પોકળ બીમની ધાતુનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ મેળવવા માટે પોકળ બીમનો અંદરનો વ્યાસ શોધો. જો બન્ને બીમોને ૨૦ ફુટને અંતરે આવેલા ટેકાઓ ઉપર ટેકવવામાં આવે અને નક્કર બીમ પોતાનાં મધ્યમાં ૫ ટનનું વજન ખમી શકે, તો પોકળ બીમ પોતાનાં મધ્યમાં કેટલું વજન ખમી શકશે? f = દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪ ટન છે.

૩૯. એક બીડનો કેન્ટીલીવર જેની લંબાઈ ૧ ઇંચ, પહોળાઈ ૧ ઇંચ, અને ઉંડાઈ ૧ ઇંચ છે તે પોતાને છેડે લાધેલાં ૩૦ હંડ્રેડવેટનાં વજન વડે ભાંગી જાય છે, તો તેજ ધાતુનો એક કેન્ટીલીવર જેની

પહોળાઈ ૩ ઇંચ, ઉંડાઇ ૨ ઇંચ, અને લંબાઈ ૧૨ ઇંચ છે તે પોતાને છેડે કેટલું વજન સલામતી સાથે ખમી શકશે? ફેક્ટર ઓફ સેફ્ટી ૧૨ છે.

૪૦. ૨૪ ઇંચ અંદરના વ્યાસની એક પાઇપને ૩/૮ ઇંચ જાડી માઇલ્ડ સ્ટીલની પ્લેટની બનાવેલી છે અને તે પાણીથી ભરેલી છે. આ પાઇપના છેડાઓ બંધ (blank) ફ્લેંજથી બંધ કરેલા છે. જો આ પાઇપને તેનાં બન્ને છેડે ટેકવવામાં આવે અને વળી જવાને લીધે આવતું સ્ટ્રેસ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૫ ટનથી વધુ લેવાનું ન હોય તો તે પાઇપનો વધુમાં વધુ સ્પેન એટલે ટેકાઓ વચ્ચેનું અંતર કેટલું રાખવું જોઈએ? સ્ટીલનું વજન દર ઘનફુટ દીઠ ·૨૮ પૌંડ છે અને પાણીનું વજન દર ઘનફુટ દીઠ ૬૨·૫ પૌંડ છે.

પ્રકરણ ૮મું

હાઇડ્રોલીકસ એટલે દ્રવ્યશાસ્ત્ર

દ્રવ પદાર્થ (ફ્લુઇડસ). વિશ્રામ સ્થિતિએ પ્રવાહીને લગતા સિદ્ધાંત. શિરદાબ (હેડ). પ્રવાહીથી ભરેલાં વાસણનાં તળીયાં અને બાજુઓ ઉપરનાં દબાણ. પ્રેરણ (દબાણનું) મધ્યબિંદુ. આર્કિમીડીસનો નિયમ. તરતા પદાર્થો. વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ.

દ્રવ પદાર્થ એટલે ફ્લુઇડસ (Fluids).—જે પદાર્થને કોઈ પણ દિશામાં વિભક્ત કરી શકાય છે અને જેનાં અણુઓને માત્ર સહેજ જોર વડે ખસેડી શકાય છે તેવા પદાર્થને "ફ્લુઇડ" એટલે દ્રવ પદાર્થ કહે છે. દ્રવ પદાર્થ (ફ્લુઇડિસ) બે જાતના હોય છે, (૧) પ્રવાહી, અને (૨) વાયુ એટલે ગેસ (gas). પ્રવાહી લગભગ નહીં દબાય એવા છે, જ્યારે એથી ઉલટું વાયુ અતિશય દરજ્જે દબાવી શકાય છે. વળી વાયુ પ્રસરણનો ગુણ ધરાવે છે, જેથી વાયુના ગમે એટલા નાના જથ્થાને એક વાસણમાં પોતાની મેળે દાખલ કરી શકાય છે અને તે, જથ્થો વાસણમાં પ્રસરણ પામી તેને સંપૂર્ણ ભરી નાંખે છે. અત્રે વાયુને લગતા નિયમો સાથે આપણને કશું કામ નથી, માટે તે નિયમો અત્રે આપવામાં આવ્યા નથી.

પ્રવાહી.—પ્રવાહી એ અણુઓનો સમૂહ છે, અને આ અણુઓ એક બીજાં આસપાસ સંપૂર્ણ રીતે ખસેડી શકાય એવાં છે. આ ગુણને

લીધે પ્રવાહીને તેનાં અણુઓને એક જથ્થામાં રાખવા માટે કોઈ પણ બહારનાં જોર અથવા અટકાવ, જેવાં કે વાસણની બાજુઓની જરૂર હોય છે, કારણ કે તેનાં અણુઓને માત્ર સહેજ જોર વડે ખસેડી શકાય છે અને કોઈ પણ દિશામાં એક બીજાંથી સહેલાઈથી છુટાં પાડી શકાય છે.

વિશ્રામ સ્થિતિએ પ્રવાહીને લગતા સિદ્ધાંતો.—પ્રવાહીની ઉપર આપેલી વ્યાખ્યા ઉપરથી બરાબર રીતે એ પરિણામ નીકળે છે કે જ્યારે સમતોલપણું હોય છે ત્યારે—

(૧) વિશ્રામ સ્થિતિમાં પ્રવાહીની છૂટી સપાટી આડી હોય છે.

(૨) વિશ્રામ સ્થિતિમાં પ્રવાહીની કોઈ પણ સપાટી તે ઉપર જે જોર કાર્ય કરે છે તે જોરને લંબ (કાટખૂણે) હોય છે.

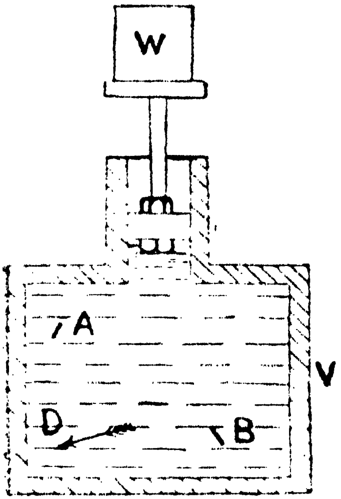
(૩) વિશ્રામ સ્થિતિમાં જે પ્રવાહી ઉપર જોર કાર્ય કરતું હોય તે એક સપાટી આપે છે, અને આ સપાટી હરેક સ્થળે જોરની દિશાને લંબ (કાટખૂણે) હોય છે.

(૪) વિશ્રામ સ્થિતિમાં પ્રવાહીને ટેકવતી સપાટી હરેક સ્થળે પ્રવાહીનાં દબાણને લંબ (કાટખૂણે) પ્રતિકાર્ય કરે છે.

(૫) વિશ્રામ સ્થિતિમાં પ્રવાહી ઉપરનાં અથવા પ્રવાહીમાંથી કાર્ય કરતાં દબાણની દરેક બાબતમાં કાર્ય અને પ્રતિકાર્ય સરખાં અને વિરૂદ્ધ છે.

પ્રવાહી વડે દબાણનું સંચારણ.—જો આકૃતિ ૪૭માં દેખાડ્યા જેવું એક ખુલ્લાં મોંહ સાથનું પ્રવાહીથી ભરેલું વાસણ V લેવામાં આવે છે, અને ખુલ્લાં મોંહમાં એક પીસ્તનને ચોક્કસ બેસાડી તે ઉપર વજન Wને લીધે આવતું દબાણ લાગુ પાડવામાં આવે તો પ્રવાહીનાં અણુઓ તેના આખા જથ્થાના દરેક ભાગમાં તે દબાણને આધિન રહેશે, અને તે વાસણની બાજુઓ ઉપર પણ તે દબાણ કાર્ય કરશે. આ દબાણ પ્રવાહીમાંનાં દરેક બિંદુ આગળ કાર્ય કરતું

હોવાથી જો A આગળ એક નાનો સપાટ સપાટીવાળો ટુકડો મુકવામાં આવે તો તે ટુકડાની દરેક સપાટી ઉપર સરખાં દબાણ આવશે. જો આ ટુકડાનું સ્થાન બદલી તેને B આગળ લાવવામાં આવે, તો તે ટુકડાની સપાટીઓ ઉપરનાં દબાણમાં કશો પણ ફેરફાર થશે નહીં. દરેક બાબતમાં વાસણની બાજુઓ સહિત દબાણની દિશા જે સપાટી ઉપર તે કાર્ય કરે છે તેને લંબ (કાટખૂણે) છે. જો દબાણ D આગળ દેખાડ્યા પ્રમાણે સપાટીને ખુણા પડતી દિશામાં કાર્ય કરે, તો તે દબાણને બે કોમ્પોનન્ટ (અંગભૂત) દબાણોમાં એવી રીતે જુદાં પાડી શકાય કે જેમાંનું એક કોમ્પોનન્ટ (અંગભૂત) દબાણ સપાટીને લંબ અને બીજું સપાટીની દિશામાં કાર્ય કરે;પણ છેલ્લું કોમ્પોનન્ટ (અંગભૂત) દબાણ જે બિંદુ આગળ ખૂણા પડતી દિશામાં દબાણ કાર્ય કરે છે તે બિંદુ આગળ અણુઓમાં સરકતી ગતિ ઉત્પન્ન કરશે, જે અટકાવી શકાશે નહી, અને તેટલા માટે ગતિ ચાલુ થશે, જે ખરી હકીકત (fact)થી ઉલટું છે. આ ખરી હકીકતો (facts)નો સારાંશ નીચે પ્રમાણે છે, જે પાસ્કલના નિયમ (Pascal's Law)ને નામે ઓળખાય છે:—



આકૃતિ ૪૭.

પાસ્કલનો નિયમ (Pascal's Law).—ફ્લુઇડસ (વહેતા પદાર્થો) દરેક દિશામાં એક સરખી રીતે દબાણનું સંચારણ કરે છે; દબાયલી સપાટીઓને કાટખુણાની દિશામાં દબાણ કાર્ય કરે છે.

જુદી જુદી ઉંડાઈ અથવા ઉંચાઇએ પ્રવાહીનાં શિર દાબ એટલે હેડ (Head).—એક ઘણું નાનું ક્ષેત્રફળ a (દાખલા તરીકે એક ચોરસ ઇંચ) પ્રવાહીની છુટી સપાટીથી h ઇંચની ઉંડાઈ અથવા

ઉંચાઈએ આવેલું છે એમ ધારી લો, અને ક્ષેત્રફળ aથી પ્રવાહીની સપાટી સુધીનો પ્રવાહીનો ઉભો સ્થંભ કોઈ પણ રીતે સમતોલપણાને હરકત કર્યા શિવાય નક્કર બને છે એમ માની લો. એ તો સ્પષ્ટ છે કે આ નક્કર સ્થંભ ઉપરનાં આડાં અને ઉભાં જોરો જુદાં જુદાં સમતોલપણામાં હોવાં જોઈએ, નહિંતર ગતિ ઉત્પન્ન થતે. પણ માત્ર ઉભાં જોરો નીચલી દિશામાં કાર્ય કરતું સ્થંભનું વજન અને ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું પાયા a ઉપરનું આજુબાજુનાં પ્રવાહીનું દબાણ છે. તેટલા માટે,

ઉપલી દિશાનું દબાણ = નક્કર સ્થંભ (પ્રીઝમ)નું વજન
= સ્થંભનું ઘનમાપ × સ્થંભનાં એક ઘન ઇંચનું વજન.

$$\therefore\ p = a \times h \times w,$$

એમાં w = સ્થંભનાં એક ઘન ઇંચનું વજન, અથવા સ્થંભની ઉંચાઈનાં દરેક ઇંચનું વજન છે.

પણ ક્ષેત્રફળ a અને વજન W ક્ષેત્રફળના કોઈપણ ચોક્કસ એકમ અને પ્રવાહીની કોઈપણ ચોક્કસ જાત માટે નિયત રકમો છે. આ ઉપરથી માલમ પડશે કે—

દબાણ છુટી સપાટીથી લીધેલી ઉંડાઇનાં સીધા પ્રમાણમાં છે. અથવા p એ hનાં પ્રમાણમાં છે.

ટેકનીકલ સંજ્ઞા "હેડ" (Head) એટલે શિર દાબ ઉપર વર્ણવેલી હકીકતને એક શબ્દમાં દર્શાવે છે; કારણ કે, જ્યારે આપણે વોટર વ્હીલ અથવા તરબાઈનને પુરાં પાડવામાં આવતાં પાણીના જથ્થાને લીધેનાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કાર્ય કરતાં દબાણ વિષે બોલીએ છીએ, ત્યારે તેને ૧૦ અથવા ૨૦ અથવા ૩૦ ફુટનો હેડ એટલે શિરદાબ છે એમ કહીએ છીએ. એનો અર્થ એ થાય છે કે જે વેળાએ પાણી પુરૂં પાડનારી પાઈપ (સપ્લાઈ પાઈપ)માં પાણી દાખલ થાય છે તે વેળાની પાણીની છુટી સપાટીથી ડીસ્ચાર્જ પાઈપ

(વેાટર વ્હીલ અથવા તરબાઈનમાંથી પાણી વપરાઈને જે પાઈપમાંથી બહાર નીકળે છે તે પાઈપ)ની છુટી સપાટી સુધીની અમુક ફુટની પાણીની ઉંચાઈને લીધેનું દબાણ છે. એક ચેારસ ઈંચ ક્ષેત્રફળવાળા અને ૨·૩૦૮ ફુટ ઉંચાઈના પાણીના સ્થંભનું વજન ૧ પૌંડ થાય છે, માટે ૨·૩૦૮ ફુટ ઉંચાઈનેા પાણીનેા સ્થંભ તેનાં તળીયાં ઉપર દર ચેારસ ઇંચ દીઠ ૧ પૌંડનું દબાણ ઉત્પન્ન કરે છે, માટે ૨·૩૦૮ ફુટ હેડ દર ચેારસ ઈંચ દીઠ ૧ પૌંડનું દબાણ દર્શાવે છે, એટલે બીજા શબ્દોમાં કહીએ તેા પાણીના હેડ એટલે શિરદાબનેા દરેક ફુટ દર ચેારસ ઇંચ દીઠ ૦·૪૩૩ પૌંડ અથવા પૂર્ણ સંખ્યામાં $\frac{1}{2}$ પૌંડનું દબાણ દર્શાવે છે. માટે આપણે દબાણ દર ચેારસ ઈંચ દીઠ અનુક્રમે ૫ અથવા ૧૦ અથવા ૧૫ પૌંડનું છે એમ કહી શકીએ. એટલા માટે

હેડ એટલે શિરદાબનાં સીધાં પ્રમાણમાં દબાણ છે.

દાખલેા ૧.—એક ડુબકી મારનાર જ્યારે પાણીની સપાટીથી ૬૦ ફુટની ઉંડાઈએ સ્વચ્છ (મીઠાં) પાણીમાં ડુબકી મારે છે ત્યારે તે ડુબકી મારનાર ઉપર પાણીની ઉંડાઈને લીધે કેટલું દબાણ પડશે ?

ડુબકી મારનાર ઉપર પાણીનેા હેડ ૬૦ ફુટ છે.

૧ ફુટ હેડ = ·૪૩૩ પૌંડ દબાણ દર ચેારસ ઇંચ દીઠ.

∴ ૬૦ ફુટ હેડ = ૬૦ × ·૪૩૩

= <u>૨૫·૯૮ પૌંડ દર ચેારસ ઇંચ દીઠ.</u>

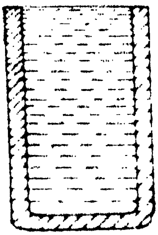
દાખલેા ૨.—એક પાણીની ટાંકીને પાણી લેવાના કેાકથી ૭૬ ફુટની ઉંચાઇએ ગેાઠવેલી છે. ટાંકીની ઉંચાઈ ૪ ફુટ છે અને તે પાણીથી હંમેશાં ભરેલી રહે છે, તેા તે કેાકમાંથી પાણી દર ચેારસ ઇંચ દીઠ કેટલાં દબાણે બહાર નીકળશે ?

દર ચેારસ ઈંચ દીઠ દબાણ = (૭૬ + ૪) × ·૪૩૩

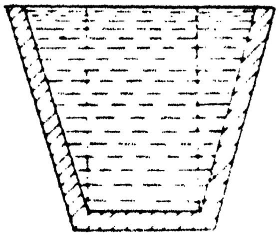
= ૮૦ × ·૪૩૩ = <u>૩૪·૬૪ પૌંડ.</u>

પ્રવાહીમાં ડુબેલાં આડાં ક્ષેત્ર ઉપરનું કુલ દબાણ.—જો એક વાસણનું તળીયું આડું ક્ષેત્ર હેાય, તેા તેનાં કેાઈ પણ બિંદુ

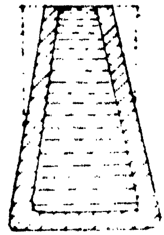
આગળનું દબાણ એકસરખું હશે, અને તે દબાણ તળીયાંથી પ્રવાહીની સપાટી સુધીની ઉંચાઇને લીધે થશે, પછી વાસણનો આકાર ગમે તેવો હોય. તેટલા માટે એ ઉપરથી સિદ્ધ થાય છે કે આકૃતિ ૪૮, ૪૯, ૫૦, ૫૧, અને ૫૨માં બતાવેલા આકારનાં વાસણોનાં તળીયાંએ



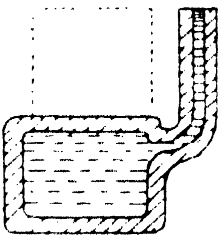
આ. ૪૮.



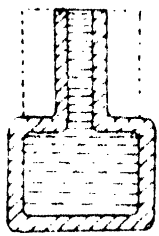
આ. ૪૯.



આ. ૫૦.



આ. ૫૧.



આ. ૫૨.

ઉપરનું દબાણ અંકિત લીટીઓ વડે દેખાડેલા સ્થંભોમાં સમાયલાં પ્રવાહીનાં વજનની બરાબર છે. આ સ્થંભોનાં તળીયાં દરેક બાબતમાં વાસણનાં તળીયાંની બરાબર છે, અને તેની ઉંચાઈ તળીયાંથી પ્રવાહીની છુટી સપાટી સુધીનાં અંતરની બરાબર છે. તેટલા માટે કોઈ પણ આકારનાં વાસણનાં તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ = તળીયાંનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ફુટમાં × તળીયાંથી પ્રવાહીની છુટી સપાટી સુધીની ઉંચાઇ ફુટમાં × પ્રવાહીનાં એક ઘનફુટનું વજન, અથવા

તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ = $a\ h\ w$,

એમાં a = તળીયાંનું ક્ષેત્રફળ ચોરસ ફુટમાં,

h = તળીયાંથી પ્રવાહીની છુટી સપાટી સુધીની ઉંચાઇ ફુટમાં,

અને w = પ્રવાહીનાં એક ઘન ફુટનું વજન.

આકૃતિમાં દરેક વાસણનાં તળીયાં અને ઉંચાઈ એક સરખી છે, અને દરેક વાસણનાં તળીયાં ઉપરનું દબાણ વાસણના આકાર અને તેમાં સમાયલાં પાણીનાં વજનોમાં તફાવત છતાં એક સરખું છે. આકૃતિ ૪૮માં બતાવેલાં વાસણમાં તળીયાં ઉપરનું દબાણ વાસણમાં સમાયલાં પાણીનાં વજન જેટલુંજ છે; આકૃતિ ૪૯માંનાં વાસણમાં તળીયાં ઉપરનું દબાણ તેમાં સમાયલાં પાણીનાં વજન કરતાં ઓછું છે, અને આકૃતિ ૫૦, ૫૧, અને ૫૨માં બતાવેલાં વાસણોમાં તળીયાં ઉપરનું દબાણ વાસણોમાં સમાયલાં પાણીનાં વજન કરતાં વધારે છે.

આ ઉપરથી માલમ પડે છે કે જે વાસણમાં પ્રવાહી સમાયલું હોય છે તે વાસણનો આકાર અને તે વાસણમાંનાં પાણીનું કુલ વજન તળીયાં ઉપરનાં કુલ દબાણને કોઈ પણ રીતે અસર કરતાં નથી; કારણ કે તે માત્ર તળીયાં અથવા ડુબેલાં ક્ષેત્ર અને પ્રવાહીની છુટી સપાટી વચ્ચેનાં અંતર ઉપર, ડુબેલાં ક્ષેત્રફળ ઉપર, અને પ્રવાહીનાં ઘનમાપ (વોલ્યુમ)નાં દર એકમ દીઠ પ્રવાહીનાં વજન ઉપર આધાર રાખે છે.

દાખલો ૩.—એક નળાકાર ટાંકીનો વ્યાસ ૪ ફુટ અને ઉંડાઇ ૮ ફુટ છે, તો જ્યારે તે ટાંકી પાણીથી ભરેલી હોય ત્યારે તેનાં તળીયાં ઉપર કુલ કેટલું દબાણ આવશે ?

તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ $= a \times h \times w$

$= ૪ \times ૪ \times .૭૮૫૪ \times ૮ \times ૬૨.૫$

$=$ <u>૬૨૮૩.૨ પૈાંડ.</u>

દાખલો ૪.—એક સંકુ આકારની ટાંકી જેનાં ગોળાકાર તળીયાંનો વ્યાસ ૪ ફુટ અને ઉંડાઈ ૮ ફુટ છે તે પાણીથી ભરેલી છે, તો તેનાં તળીયાં ઉપર કુલ કેટલું દબાણ પડશે ?

તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ $= a \times h \times w$

$= ૪ \times ૪ \times \cdot ૭૮૫૪ \times ૮ \times ૬૨\cdot ૫$

$=$ ૬૨૮૩·૨ પૌંડ

તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ ત્રીજા દાખલાનાં જેટલુંજ છે, કારણ કે પાયાનો વ્યાસ અને તળીયાંથી પાણીની સપાટીની ઉંચાઈ ત્રીજા દાખલાનાં જેટલીજ છે, જો કે આ શંકુઆકારની ટાંકીમાં સમાયલાં પાણીનું વજન ત્રીજા દાખલામાંની ટાંકીનાં વજનથી માત્ર $\frac{1}{3}$ જેટલું છે.

દાખલો ૫.—એક ટાંકીનાં તળીયાંનો વ્યાસ ૪ ફુટ છે અને તેને મથાળેથી પહોળી કરી તેનો વ્યાસ ૮ ફુટ કરવામાં આવ્યો છે. આ ટાંકીની ઉંચાઇ ૮ ફુટ છે, અને તે પાણીથી ભરેલી છે, તો તેનાં તળીયાં ઉપર કુલ કેટલું દબાણ પડશે ?

તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ $= a \times h \times w$

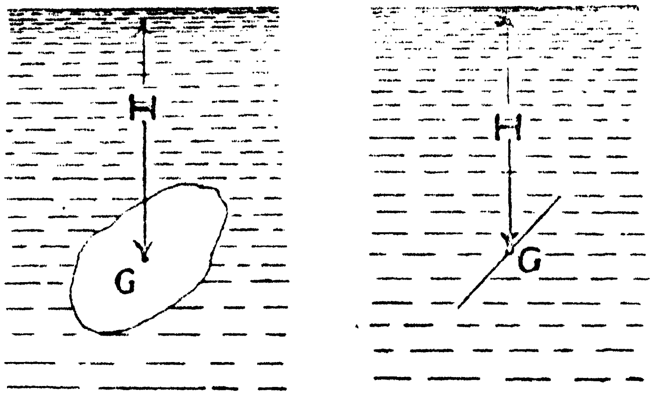
$= ૪ \times ૪ \times \cdot ૭૮૫૪ \times ૮ \times ૬૨\cdot ૫$

$=$ ૬૨૮૩·૨ પૌંડ

તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ ત્રીજા દાખલાનાં જેટલુંજ છે, કારણ કે પાયાનો વ્યાસ અને ઉંચાઇ ત્રીજા દાખલાનાં જેટલીજ છે, જો કે આ દાખલામાંની ટાંકીમાં સમાયલાં પાણીનું વજન ત્રીજા દાખલામાંની ટાંકીનાં વજનથી વધારે છે.

પ્રવાહીમાં ડુબેલી કોઈ પણ સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ.—ધારો કે કોઈ પણ આકારની એક સપાટીને કોઇ પણ જાતનાં પ્રવાહીમાં કોઈ પણ ઉંડાઈએ આકૃતિ ૫૩માં દેખાડ્યા પ્રમાણે ડુબાડેલી છે.

ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુના સ્વભાવ પ્રમાણે કોઈ પણ ક્ષેત્રથી સરેરાશ લંબ ઉંચાઈ તે ડુબેલી સપાટીનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ Gથી તે ક્ષેત્ર સુધીનાં અંતર Hની બરાબર છે, માટે આગળ દર્શાવ્યા પ્રમાણે ડુબેલી સપાટી ઉપરનું પ્રવાહીનું કુલ દબાણ = ડુબેલી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ × પ્રવાહીની છુટી સપાટીથી ડુબેલી સપાટીનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ

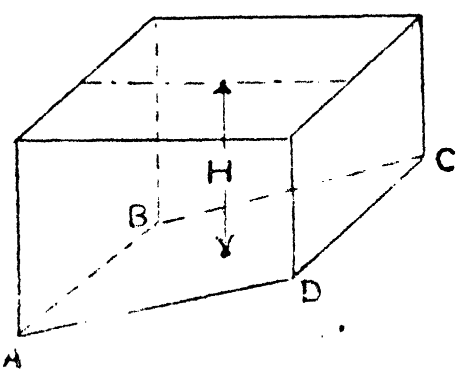


આકૃતિ ૫૩.

સુધીની ઉંચાઈ × તે પ્રવાહીનાં એક ઘનફુટનું વજન છે. આ નિયમ પાણીથી ભરેલાં વાસણના કોઇ પણ આકારનાં આડાં તેમજ ઢળતાં તળીયાં ઉપરનું દબાણ શોધવા માટે લાગુ પડે છે, તેમજ તેને તે વાસણની ઉભી બાજુ ઉપરનું દબાણ શોધવા માટે પણ લાગુ પાડી શકાય છે.

આગળ આપણે આ નિયમ આડાં તળીયાં ઉપરનું દબાણ શોધવા માટે લાગુ પાડ્યો છે; હવે આપણે વાસણનાં ઢળતાં તળીયાં ઉપરનું અને બાજુઓ ઉપરનાં દબાણ શોધવા માટે આ નિયમ લાગુ પાડીશું.

પ્રવાહીથી ભરેલાં વાસણનાં ઢળતાં તળીયાં ઉપરનું દબાણ.—આકૃતિ ૫૪માં પ્રવાહીથી ભરેલી ઢળતાં તળીયાં-વાળી એક ચોખુણાકાર ટાંકી બતાવી છે, જેનું ઢળતું તળીયું ABCD છે. આ તળીયાંની પ્રવાહીથી ડુબેલી અથવા દબાયલી સપાટીનું ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ તે સપાટીનાં મધ્યબિંદુ આગળ છે, માટે



આકૃતિ ૫૪.

પ્રવાહીની છુટી સપાટીથી તળીયાંનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીનું અંતર H છે, જે આકૃતિ ૫૪માં બતાવ્યું છે. ત્યારે ઢળતાં તળીયાં ABCDની પ્રવાહીથી દબાયલી અથવા ડુબેલી સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ = દબાયલી અથવા ડુબેલી સપાટી ABCDનું ક્ષેત્રફળ × પ્રવાહીની છુટી સપાટીથી ડુબેલી સપાટીનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીનું અંતર H × તે પ્રવાહીનાં એક ઘનફુટનું વજન છે.

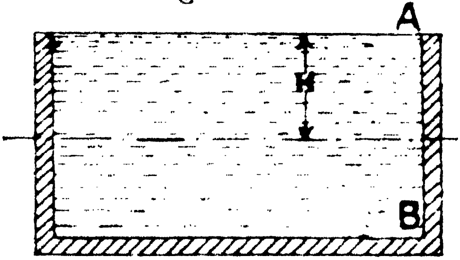
દાખલો ૬.— એક પાણીથી ભરેલી કાટકોણ ચોખુણાકાર ટાંકાને ઢળતું તળીયું A B C D છે. આ તળીયાંની બાજુઓ A B અને C D દરેક ૮ ફુટ પાણીની છુટી સપાટીથી A B ૮ ફુટની ઉંડાઇએ અને C D ૬ ફુટની ઉંડાઇએ આવેલી છે, અને ધારો A D અને B C દરેક ૧૦ ફુટ લાંબી છે, તો આ ઢળતાં તળીયાં A B C D ઉપર પડતું કુલ દબાણ શોધો.

તળીયાંની પાણીથી ડુબેલી અથવા દબાયલી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ = ૧૦ × ૮ = ૮૦ ચોરસ ફુટ.

પાણીની છુટી સપાટીથી તળીયાંની ડુબેલી સપાટીનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીનું અંતર = $\frac{૮+૬}{૨}$ = ૭ ફુટ.

∴ તળીયાં ઉપરનું દબાણ = ૮૦ × ૭ × ૬૨.૫ = <u>૩૫૦૦૦ પૌંડ.</u>

પ્રવાહીથી ભરેલાં વાસણની બાજુઓ ઉપરનાં દબાણ.— આકૃતિ ૫૫માં પ્રવાહીથી ભરેલી એક ટાંકી બતાવી છે. આ ટાંકીની ઉભી બાજુ A B ઉપરનું દબાણ શોધવાનું છે. આ બાજુ A Bની પાણીથી દબાયલી અથવા ડુબેલી સપાટીનું ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ તે સપાટીનાં મધ્યબિંદુ આગળ છે, માટે પ્રવાહીની છુટી સપાટીથી બાજુ A Bનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીનું અંતર H છે, જે પ્રવાહીની ઉંડાઇ A Bથી અર્ધું છે, જે આકૃતિ ૫૫માં બતાવ્યું છે. ત્યારે બાજુ A Bની પ્રવાહીથી દબાયલી અથવા ડુબેલી સપાટી ઉપરનું કુલ



આકૃતિ ૫૫

દબાણ = દબાયલી અથવા ડુબેલી સપાટી A B નું ક્ષેત્રફળ × પ્રવાહીની છુટી સપાટીથી ડુબેલી સપાટીનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીનું અંતર H અથવા પ્રવાહીની અર્ધી ઉંડાઈ $\frac{AB}{૨}$ × તે પ્રવાહીનાં એક ઘન ફુટનું વજન છે. આ નીચે પ્રમાણેની રીતે પણ સાબીત કરી શકાય—

બાજુ A B ઉપરનું દબાણ સમાન રીતે Aથી B સુધી વધતું જાય છે, અને તે A આગળ શૂન્ય અને B આગળ સૌથી વધુ છે; તેટલા માટે સરેરાશ દબાણ સૌથી વધુ દબાણનું અર્ધું છે, અથવા બિંદુઓ A અને Bની અધવચે કાર્ય કરતાં દબાણની બરાબર છે.

દાખલો ૭.—એક પાણીથી ભરેલી ચોખુણ ટાંકી ૧૦ ફુટ લાંબી, ૮ ફુટ પહોળી, અને ૬ ફુટ ઉંચી છે, તો તે ટાંકીનાં તળીયાં અને ચારે બાજુ ઉપરનાં દબાણ શોધો.

તળીયાં ઉપરનું દબાણ = તળીયાનું ક્ષેત્રફળ × પાણીની સપાટીથી તળીયાનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ × એક ઘનફુટ પાણીનું વજન.

= ૧૦ × ૮ × ૬ × ૬૨.૫

= ૩૦૦૦૦ પૌંડ

બે લંબાઈની બાજુઓમાંની દરેક ઉપરનું દબાણ = તે બાજુનું ક્ષેત્રફળ × પાણીની સપાટીથી તે બાજુનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ × એક ઘનફુટ પાણીનું વજન.

∴ લંબાઈની દરેક બાજુ ઉપરનું દબાણ = ૧૦ × ૬ × $\frac{૬}{૨}$ × ૬૨.૫

= ૧૧૨૫૦ પૌંડ.

પહોળાઈની દરેક બાજુ ઉપરનું દબાણ = ૮ × ૬ × $\frac{૬}{૨}$ × ૬૨.૫

= ૯૦૦૦ પૌંડ.

દાખલો ૮.—એક કાટકોણ ચોખુણાકાર ટાંકી ૭ ફુટ લાંબી, ૫ ફુટ પહોળી, અને ૩ ફુટ ઉંડી છે, અને તે પાણીથી ભરેલી છે. આ ટાંકીનાં ઉપલાં ઢાંકણમાં વેહ પાડી તેમાં એક નળી અથવા

પાઇપને બેસાડી તે નળીમાં જ્યાં સુધી પાણીની સપાટી ટાંકીનાં તળીયાંથી ૮ ફુટની ઉંચાઈએ પહોંચે ત્યાં સુધી તેમાં પાણી રેડવામાં આવે છે, તો તે ટાંકીનાં તળીયાં અને ઉભી બાજુઓ ઉપરનાં દબાણ શોધો. વળી જ્યારે પાણીને તે નળીમાં ૨$\frac{1}{2}$ ફુટ નીચે ઉતારવામાં આવે ત્યારે તે ટાંકીનાં તળીયાં અને ઉભી બાજુઓ ઉપર કેટલું દબાણ આવશે?

પહેલી બાબતમાં—

તળીયાનું ક્ષેત્રફળ = ૭ × ૫ = ૩૫ ચોરસ ફુટ.

પાણીની છુટી સપાટીથી તળીયાનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ = ૮ ફુટ.

∴ તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ = ૩૫ × ૮ × ૬૨·૫ = <u>૧૭૫૦૦ પૌંડ.</u>

લંબાઈની દરેક બાજુનું ક્ષેત્રફળ = ૭ × ૩ = ૨૧ ચોરસ ફુટ.

પાણીની છુટી સપાટીથી દરેક લંબાઈની ઉભી બાજુનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ = ૫ + $\frac{3}{2}$ = ૬$\frac{1}{2}$ ફુટ.

∴ લંબાઈની દરેક બાજુ ઉપરનું કુલ દબાણ = ૨૧ × ૬·૫ × ૬૨·૫
= <u>૮૫૩૧·૨૫ પૌંડ.</u>

પહોળાઈની દરેક બાજુનું ક્ષેત્રફળ = ૫ × ૩ = ૧૫ ચોરસ ફુટ.

પાણીની છુટી સપાટીથી પહોળાઈની દરેક ઉભી બાજુનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ = ૫ + $\frac{3}{2}$ = ૬$\frac{1}{2}$ ફુટ.

∴ પહોળાઈની દરેક બાજુ ઉપરનું કુલ દબાણ = ૧૫ × ૬·૫ × ૬૨·૫
= <u>૬૦૯૩·૭૫ પૌંડ.</u>

બીજી બાબતમાં—

જ્યારે પાણીની સપાટી ૨$\frac{1}{2}$ ફુટ જેટલી નીચે ઉતારવામાં આવે છે ત્યારે પાણીની છુટી સપાટીથી તળીયાનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ = ૮ − ૨$\frac{1}{2}$ = ૫$\frac{1}{2}$ ફુટ છે.

∴ તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ = ૩૫ × ૫·૫ × ૬૨·૫ = <u>૧૨૦૩૧·૨૫ પૌંડ.</u>

પાણીની છુટી સપાટીથી દરેક ઉભી બાજુનાં ગુરૂત્વ મધ્ય બિંદુ સુધીની ઉંડાઈ = ૫$\frac{1}{2}$ − $\frac{3}{2}$ = ૪ ફુટ.

∴ લંબાઈની દરેક ઉભી બાજુ ઉપરનું કુલ દબાણ = ૨૧ × ૪ × ૬૨.૫
= ૫૨૫૦ પૌંડ.

પહોળાઈની દરેક ઉભી બાજુ ઉપરનું કુલ દબાણ = ૧૫ × ૪ × ૬૨.૫
= ૩૭૫૦ પૌંડ.

દાખલો ૯.—પાણીથી ભરેલી એક ટાંકીની બે સમાંતર બાજુઓ એક સરખી ઢળતી છે, અને તેની લંબાઈ ૧૦ ફુટ છે. મથાળાં આગળ ટાંકીની પહોળાઈ ૬½ ફુટ છે અને તળીયાં આગળ ૨ ફુટ છે. ટાંકીની લંબ ઉંડાઈ ૩ ફુટ છે, અને બન્ને ઢળતી બાજુઓની ત્રાંસી ઉંચાઈ ૩¾ ફુટ છે, તો તે ટાંકીનાં તળીયાં અને ચારે બાજુ ઉપરનાં દબાણ શોધો.

તળીયાનું ક્ષેત્રફળ = ૧૦ × ૨ = ૨૦ ચોરસ ફુટ.

પાણીની છુટી સપાટીથી તળીયાનાં ગુરૂત્વ મધ્ય બિંદુ સુધીની ઉંડાઈ = ૩ ફુટ.

∴ તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ = ૨૦ × ૩ × ૬૨.૫ = ૩૭૫૦ પૌંડ.

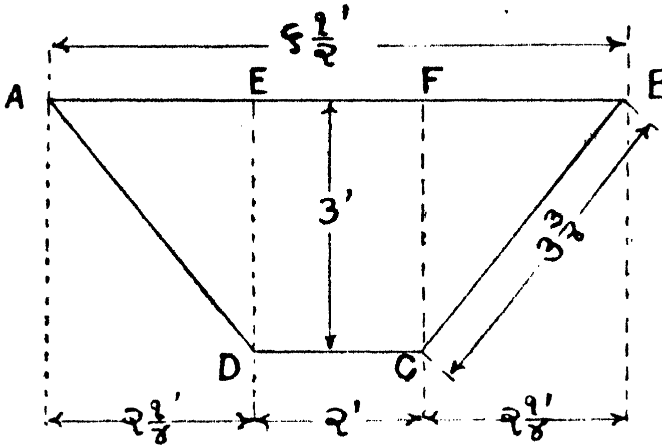
લંબાઈની દિશાની બે ઢળતી બાજુઓમાંની દરેક બાજુનું ક્ષેત્રફળ = ૧૦ × ૩.૭૫ = ૩૭.૫ ચો. ફુટ.

પાણીની છુટી સપાટીથી દરેક ઢળતી બાજુનાં ગુરૂત્વ મધ્ય બિંદુ સુધીની ઉંડાઈ = $\frac{૩}{૨}$ = ૧.૫ ફુટ.

∴ દરેક ઢળતી બાજુ ઉપરનું કુલ દબાણ = ૩૭.૫ × ૧.૫ × ૬૨.૫
= ૩૫૧૫.૬૨૫ પૌંડ.

ટાંકીના દરેક છેડા અથવા પહોળાઈની દિશાની બે ઉભી બાજુમાંની દરેક જે આકૃતિ ૫૬માં બતાવી છે તે ઉપરનું દબાણ શોધવા માટે—

આ છેડા અથવા પહોળાઈની ઉભી બાજુનાં ક્ષેત્રફળને સુગમ પડતાં ક્ષેત્રફળોમાં વિભક્ત કરવું, અને તેમ કરવા માટે D અને Cમાંથી બે ઉભી લીટીઓ DE અને CF દોરો. આમ કરવાથી આ છેડાનું ક્ષેત્રફળ એક ચોખુણ DEFC અને બે સરખા ત્રિકોણ AED અને BFCમાં વિભક્ત થશે. ત્યારે



આકૃતિ ૫૨.

આ છેડા ઉપરનું કુલ = ચોખુણાકાર ભાગ ઉપરનું દબાણ + બે ત્રિકોણાકાર ભાગો ઉપરનું દબાણ.

ચોખુણ ભાગનું ક્ષેત્રફળ = ૨ × ૩ = ૬ ચોરસ ફુટ

પાણીના સપાટીથી આ ચોખુણાકાર ભાગનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ = $\frac{૩}{૨}$ = ૧·૫ ફુટ

∴ આ ચોખુણાકાર ભાગ ઉપરનું દબાણ = ૬ × ૧·૫ × ૬૨·૫
= ૫૬૨·૫ પૌંડ

બાજુનાં એક ત્રિકોણાકાર ભાગનું ક્ષેત્રફળ = પાયો × અર્ધ લંબ ઉંચાઈ
= ૨·૨૫ × $\frac{૩}{૨}$ = ૩·૩૭૫ ચો. ફુટ

ત્રિકોણાકાર સપાટીનું ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ તેના પાયાથી લંબ ઉંચાઈનાં $\frac{૧}{૩}$ ભાગ આગળ હોય છે, માટે પાણીની સપાટીથી આ ત્રિકોણાકાર ભાગનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ = $\frac{૩}{૩}$ = ૧ ફુટ

∴ આ ત્રિકોણાકાર ભાગ ઉપરનું દબાણ = ૩·૩૭૫ × ૧ × ૬૨·૫
= ૨૧૦·૯૩૭૫ પૌંડ

∴ ટાંકીના દરેક છેડા અથવા પહોળાઈની દિશાની દરેક બાજુ ઉપરનું કુલ દબાણ = ૫૬૨·૫ + ૨ × ૨૧૦·૯૩૭૫ = <u>૯૮૪·૩૭૫ પૌંડ</u>

દાખલો ૧૦.—૫ ફુટ ઉંચી એક ટાંકીનું તળીયું ૮ ફુટ સમચોરસ છે અને ખુલ્લાં મ્હોં સાથની એક પાઇપને એલબો (elbow) વડે તેની બાજુમાં વેહ પાડી બેસાડેલી છે. ટાંકીનાં મથાળેથી પાઇપની ઉંચાઇ ૫ ફુટ છે, અને ટાંકી તથા પાઈપ પાણીથી ભરેલી છે, તો તે ટાંકીનાં મથાળાં, તળીયાં અને બાજુઓ ઉપરનાં દબાણ શોધો.

મથાળાં ઉપરનું દબાણ—

મથાળાંની ડુબેલી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ = ૮ × ૮ = ૬૪ ચો. ફુટ
પાણીની છુટી સપાટીથી મથાળાંનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ = ૫ ફુટ
∴ મથાળાં ઉપરનું કુલ દબાણ = ૬૪ × ૫ × ૬૨·૫ = ૨૦૦૦૦ પૌંડ

તળીયાં ઉપરનું દબાણ—

તળીયાંની ડુબેલી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ = ૮ × ૮ = ૬૪ ચો. ફુટ.
પાણીની છુટી સપાટીથી તળીયાંનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઇ = ૫ + ૫ = ૧૦ ફુટ
∴ તળીયાં ઉપરનું કુલ દબાણ = ૬૪ × ૧૦ × ૬૨·૫ = ૪૦૦૦૦ પૌંડ

દરેક બાજુ ઉપરનું દબાણ—

દરેક બાજુની ડુબેલી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ = ૮ × ૫ = ૪૦ ચો. ફુટ.
પાણીની છુટી સપાટીથી ઉભા બાજુનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ = ૫ + ૨·૫ = ૭·૫ ફુટ
∴ દરેક બાજુ ઉપરનું દબાણ = ૪૦ × ૭·૫ × ૬૨·૫ = ૧૮૭૫૦ પૌંડ

દાખલો ૧૧.—એક કાટકોણ ચોખુણાકાર ટાંકી ૭ ફુટ લાંબી અને ૫ ફુટ પહોળી છે, તો જ્યારે આ ટાંકીમાં ૭૦૦ ગેલન પાણી ભરેલું હોય ત્યારે પાણીની ઉંડાઈ શોધો. વળી ટાંકીનાં તળીયાં અને દરેક ઉભા બાજુ ઉપરનાં દબાણ શોધો. એક ગેલન પાણીનું વજન ૧૦ પૌંડ છે અને એક ઘનફુટ પાણીનું વજન ૬૨·૫ પૌંડ છે.

પાણીનું વજન = ૭૦૦ × ૧૦ = ૭૦૦૦ પૌંડ
ક્ષેત્રફળ × ઉંડાઈ × ૬૨·૫ = પાણીનું વજન
૭ × ૫ × ઉંડાઈ × ૬૨·૫ = ૭૦૦૦

$$\therefore \text{ ઉંડાઈ} = \frac{૭૦૦૦}{૭ \times ૫ \times ૬૨\cdot૫} = \underline{૩\cdot૨ \text{ ફૂટ}}$$

તળીયાં ઉપરનું દબાણ = ૭ × ૫ × ૩·૨ × ૬૨·૫ = <u>૭૦૦૦ પૌંડ</u>

લંબાઇની દરેક ઉભી બાજુ ઉપરનું દબાણ $= ૭ \times ૩\cdot૨ \times \frac{૩\cdot૨}{૨} \times ૬૨\cdot૫$
= <u>૨૨૪૦ પૌંડ</u>

પહેાળાઇની દરેક ઉભી બાજુ ઉપરનું દબાણ $= ૫ \times ૩\cdot૨ \times \frac{૩\cdot૨}{૨} \times ૬૨\cdot૫$
= <u>૧૬૦૦ પૌંડ</u>

દાખલેા ૧૨.—એક નળાકાર ટાંકીનેા વ્યાસ ૬ ફૂટ છે અને તેમાં તળીયાંથી ૫ ફૂટની ઉંચાઈ સુધી પાણી ભરેલું છે. આ ટાંકીનું તળીયું આડી દિશામાં છે, તેા તળીયાં અને ડુબેલી વાંકવાળી સપાટી ઉપરનાં દબાણેા શેાધેા.

તળીયાં ઉપરનું દબાણ = ૬ × ૬ × ·૭૮૫૪ × ૫ × ૬૨·૫
= <u>૮૮૩૫·૭૫ પૌંડ.</u>

ડુબેલી વાંકવાળી સપાટીનું પૃષ્ઠફળ = ૬ × ૩·૧૪૧૬ × ૫

પાણીની છુટી સપાટીથી ઉભી વાંકવાળી સપાટીનાં ગુરૂત્વ મધ્ય બિંદુ સુધીની ઉંડાઈ $= \frac{૫}{૨} =$ ૨·૫ ફૂટ.

∴ ડુબેલી વાંકવાળી સપાટી ઉપરનું દબાણ = ૬ × ૩·૧૪૧૬ × ૫ × ૨·૫ × ૬૨·૫
= <u>૧૪૭૨૬·૨૫ પૌંડ.</u>

દાખલેા ૧૩.—ગેાળાના આકારનાં એક વાસણનેા વ્યાસ ૪ ફૂટ છે અને તેને દરીયાનાં પાણીમાં ડુબાડેલું છે. આ વાસણનું મધ્ય બિંદુ પાણીની સપાટીથી ૩૦ ફૂટ નીચે છે, તેા તેની સપાટી ઉપર આવતું કુલ દબાણ શેાધેા.

ગેાળાનાં આકારનાં વાસણનું પૃષ્ઠફળ $= D^2 \times$ ૩·૧૪૧૬ = ૪ × ૪ × ૩·૧૪૧૬

∴ આ વાસણની સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ = ૪ × ૪ × ૩·૧૪૧૬ × ૩૦ × ૬૨·૫
= <u>૯૬૫૦૯·૯૫૨ પૌંડ.</u>

દાખલો ૧૪.—પાણીથી ભરેલી કાટકોણ ચોખુણાકાર ટાંકીની એક ઉભી સપાટ બાજુમાં એક કાટકોણ ચોખુણાકાર પ્લેટ છે જેની ઉંડાઈ ૨ ફુટ અને પહોળાઈ ૩ ફુટ છે. આ પ્લેટની ઉપલી ધાર આડી દિશામાં છે અને તે પાણીની સપાટીથી ૮ ફુટ નીચે છે, તો તે પ્લેટ ઉપરનું દબાણ શોધો.

પ્લેટનું ક્ષેત્રફળ = ૨ × ૩ = ૬ ચો. ફુટ

પાણીની સપાટીથી પ્લેટની ઉભી સપાટીનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઇ = ૮ + $\frac{૨}{૨}$ = ૯ ફુટ

∴ પ્લેટ ઉપરનું દબાણ = ૬ × ૯ × ૬૨.૫ = <u>૩૩૭૫ પૌંડ.</u>

દાખલો ૧૫.—એક સુકી ગોદીના દરવાજા (ડેક-ગેટ)ની ઉંડાઈ ૪૦ ફુટ અને પહોળાઇ ૨૮ ફુટ છે. જ્યારે તે દરવાજાની એક બાજુએ ૨૨ ફુટ ઉંડું પાણી હોય ત્યારે તે દરવાજા ઉપર કેટલું દબાણ હશે ?

દરવાજા ઉપરનું દબાણ = ૨૮ × ૨૨ × $\frac{૨૨}{૨}$ × ૬૨.૫
= <u>૪૨૩૫૦૦ પૌંડ.</u>

દાખલો ૧૬.—એક નહેરનો સ્લુસ ગેટ (sluice gate) ૫ ફુટ પહોળો અને ૮ ઇંચ ઉંડો છે. આ સ્લુસ ગેટની એક બાજુએ પાણીની ઉંચાઇ ૬ ફુટ અને બીજી બાજુએ ૪ ફુટ છે, તો તે સ્લુસ ગેટ ઉપરનું દબાણ શોધો.

સ્લુસ ગેટ ઉપરનું ચોખ્ખું દબાણ = બન્ને બાજુઓ ઉપરનાં દબાણોનો તફાવત.

એક બાજુ ઉપરનું દબાણ = ૫ × ૬ × $\frac{૬}{૨}$ × ૬૨.૫ = ૫૬૨૫ પૌંડ.
બીજી બાજુ ઉપરનું દબાણ = ૪ × ૪ × $\frac{૪}{૨}$ × ૬૨.૫ = ૨૫૦૦ પૌંડ.

∴ સ્લુસ ગેટ ઉપરનું ચોખ્ખું દબાણ = ૫૬૨૫ − ૨૫૦૦ = <u>૩૧૨૫ પૌંડ.</u>

દાખલો ૧૭.—૬ ઇંચ વ્યાસનાં અને ૩૨ ઇંચ લાંબાં એક નળાકાર વાસણને પાણીમાં એવી રીતે ઉભું ડુબાડવામાં આવે છે કે જેથી તેનું તળીયું જે આડી દિશામાં છે તે પાણીની સપાટીથી ૨૪ ઇંચની ઉંડાઇએ રહે છે, તો તે વાસણનાં તળીયાં ઉપરનું ઉપલી દીશાનું દબાણ શોધો.

તળીયાંનું ક્ષેત્રફળ = $\frac{૬}{૧૨} \times \frac{૬}{૧૨}$ × ·૭૮૫૪ = ·૧૯૬૩૫ ચો. ફુટ

પાણીની સપાટીથી તળીયાનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ = $\frac{૨૪}{૧૨}$ = ૨ ફુટ

∴ તળીયાં ઉપરનું ઉપલી દીશાનું દબાણ = ·૧૯૬૩૫ × ૨ × ૬૨·૫
= ૨૪·૫૪ પૌંડ.

દાખલો ૧૮.—૨૪ ઇંચ વ્યાસની એક આડી પાઇપના છેડાને બંધ કરવા માટે ઉભા સ્થાનમાં ગોઠવેલો એક સ્લુસ વાલ્વ વપરાય છે. પાઇપનાં મથાળાંની ઉપર પાણીનો હેડ ૭૯ ફુટ છે અને સ્લુસ વાલ્વની બહારની સપાટી ઉપર માત્ર વાતાવરણનું દબાણ કાર્ય કરે છે, તો તે વાલ્વ ઉપરનું દબાણ શોધો.

સ્લુસ વાલ્વની અંદરની સપાટી જે ઉપર પાણીના હેડનું દબાણ પડે છે તેનું ક્ષેત્રફળ = ૨ × ૨ × ·૭૮૫૪ = ૩·૧૪૧૬ ચો. ફુટ.

પાણીની સપાટીથી સ્લુસ વાલ્વનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઇ = ૭૯ + $\frac{૨}{૨}$ = ૮૦ ફુટ

∴ સ્લુસ વાલ્વની અંદરની બાજુ ઉપરનું
કુલ દબાણ = ૩·૧૪૧૬ × ૮૦ × ૬૨·૫ = ૧૫૭૦૮ પૌંડ.

દાખલો ૧૯.—એક ડોક ગેટ (dock gate વહાણો દુરસ્ત કરવા માટેની ગોદીમાં દરીયાનું પાણી દાખલ કરવા માટેનો દરવાજો) ૮૦ ફુટ પહોળો છે અને તેની એક બાજુએ દરીયાનાં પાણીની ઉંડાઈ ૩૦ ફુટ અને બીજી બાજુએ ૯ ફુટ છે, તો તે ગેટની દરેક બાજુ ઉપર આવતાં કુલ દબાણ શોધો. વળી તે ગેટ ઉપર આવતું રીઝલ્ટન્ટ જોર શોધો. દરીયાનાં પાણીનું વજન દર ઘન ફુટ દીઠ ૬૪ પૌંડ છે.

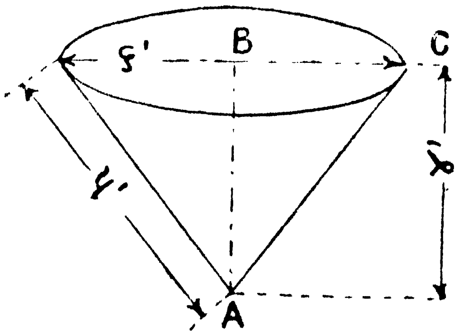
એક બાજુ ઉપરનું કુલ દબાણ = ૮૦ × ૩૦ × $\frac{૩૦}{૨}$ × ૬૪
= ૧૦૨૮·૬ ટન.

બીજી બાજુ ઉપરનું કુલ દબાણ = ૮૦ × ૯ × $\frac{૯}{૨}$ × ૬૪
= ૯૨·૬ ટન.

રીઝલ્ટન્ટ જોર = ૧૦૨૮·૬ − ૯૨·૬ = ૯૩૬ ટન

દાખલો ૨૦.—એક ટાંકીનો આકાર ઉલટાવેલા શંકુ (કોન)નાં જેવો છે. મથાળાં આગળ તેનો વ્યાસ ૬ ફુટ છે અને લંબ ઉંડાઇ ૪ ફુટ છે. આ ટાંકી તેલથી ભરેલી છે. જો તેલનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ ૦·૮ હોય, તો તેમાં સમાયલાં તેલનું વજન શોધો, અને તે ટાંકીની વાંકવાળી સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ શોધો.

આકૃતિ ૫૭માં ટાંકી બતાવી છે.



આકૃતિ ૫૭

ત્રાંસી ઉંચાઈ = કાટકોણ ત્રિકોણ ABCનાં કર્ણની લંબાઈ છે.

$$\text{કર્ણ}^2 = \text{પાયો}^2 + \text{લંબ ઉંચાઇ}^2$$
$$= ૩^2 + ૪^2$$
$$= ૯ + ૧૬ = ૨૫$$
$$\therefore \text{કર્ણ} = \sqrt{૨૫}$$
$$= ૫ \text{ ફુટ}$$

$$\text{શંકુ આકારની ટાંકીનું ઘનમાપ} = \frac{\text{પાયાનું ક્ષેત્રફળ} \times \text{લંબ ઉંડાઇ}}{૩}$$
$$= \frac{૬ \times ૬ \times ·૭૮૫૪ \times ૪}{૩} \text{ ઘનફુટ}$$

એક ઘનફુટ તેલનું વજન = ૦·૮ × ૬૨·૫ = ૫૦ પૌંડ.

∴ શંકુ આકારની ટાંકીમાં સમાયલાં તેલનું વજન

$$= \frac{૬ \times ૬ \times ·૭૮૫૪ \times ૪ \times ૫૦}{૩} = \underline{૧૮૮૪·૯૬ \text{ પૌંડ.}}$$

ટાંકી ઉલટાવેલા શંકુ આકારની હોવાથી શંકુનો પાયો મથાળું બને છે.

$$\text{શંકુ આકારની ટાંકીનું પૃષ્ઠફળ} = \frac{\text{શંકુના પાયાનો પરિઘ} \times \text{ત્રાંસી ઉંચાઈ}}{૨}$$
$$= \frac{૬ \times ૩·૧૪૧૬ \times ૫}{૨}$$

શંકુનું ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ તેના પાયાથી લંબ ઉંચાઈના ૧/૪ ભાગ આગળ હોય છે. અત્રે પાયો ટાંકીનું મથાળું છે, માટે તેલની સપાટીથી શંકુ આકારની ટાંકીનું ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ = ૪/૩ ફુટ.
∴ શંકુ આકારની ટાંકીની વાંકવાળી સપાટી ઉપરનું

$$\text{કુલ દબાણ} = \frac{૬ \times ૩\cdot૧૪૧૬ \times ૫}{૨} \times \frac{૪}{૩} \times ૫૦ = \underline{૩૧૪૧\cdot૬ \text{ પૈાંડ.}}$$

પ્રેરણ મધ્યબિંદુ.—પ્રવાહીમાં ડુબેલી સપાટી ઉપરનાં સઘળાં દબાણનું રીઝલ્ટન્ટ (લબ્ધ દબાણ) તે સપાટીનાં જે બિંદુમાં કાર્ય કરે છે તે બિંદુને "પ્રેરણ મધ્યબિંદુ" (centre of pressure) કહેવામાં આવે છે. જો સપાટી સપાટ અને આડી હોય, તો દબાણનું રીઝલ્ટન્ટ (લબ્ધ દબાણ) તે સપાટીનાં મધ્યબિંદુ આગળ કાર્ય કરે છે, કારણ કે દબાણની અત્યંતતા નિયંત છે, અને તેટલા માટે દબાણનું મધ્યબિંદુ તે સપાટીનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સાથે મળે છે. પ્રવાહીમાં ડુબેલી ઉભી ચોખુણાકાર સપાટી જેની એક ધાર પ્રવાહીની સપાટીની અંદર હોય છે, જેમકે ડોક ગેટ અથવા સ્લુસ ગેટ, તેમાં દબાણનું મધ્યબિંદુ પ્રવાહીની છુટી સપાટીથી ૨/૩ ઉંડાઈએ આવેલાં અને ડુબેલા ભાગની પહોળાઈનાં મધ્ય આગળનાં બિંદુ આગળ હોય છે.

પાણીને રોકી રાખવા માટેની દીવાલ ઉપરનું પાણીનાં દબાણનું તે દીવાલને ઉથલાવી નાંખનારૂં કાર્ય.—આ કાર્ય નક્કી કરવા માટે દીવાલની એક ફુટ લંબાઈનો ભાગ હમેશાં લેવામાં આવે છે, કારણ કે એમ માની લેવામાં આવે છે કે દીવાલની એક ફુટ લંબાઈ ઉપર જે કાંઈ બને છે તે દરેક બીજા ભાગ ઉપર એક સરખી રીતે બને છે. આ પ્રમાણે હોવાથી—

દીવાલની ડુબેલી સપાટી ઉપરનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ (લબ્ધ દબાણ) = P = ડુબેલી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ × પાણીની છુટી સપાટીથી ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઈ × એક ઘનફુટ પાણીનું વજન.

$$\therefore \text{ રીઝલ્ટન્ટ દબાણ } P = ૧' \times H \times \frac{H}{૨} \times ૬૨{\cdot}૫$$
$$= \frac{H^૨}{૨} \times ૬૨{\cdot}૫ \text{ પૌંડ}$$

પણ રીઝલ્ટન્ટ દબાણ P પાણીની છુટી સપાટીથી ⅔ ઉંડાઈએ એટલે તળીયાંથી ⅓ ઉંડાઈએ કાર્ય કરે છે, અને તે દીવાલને તળીયાં અથવા પાયા આસપાસ ઉથલાવી નાંખવાનું વલણ કરશે. માટે તળીયાં અથવા પાયા આસપાસનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ Pનું મોમેન્ટ = $P \times \frac{H}{૩}$ ફુટ–પૌંડ છે. દીવાલના ધ્યાનમાં લીધેલા એક ફુટ લંબાઈના ભાગનું વજન W પૌંડ જે દીવાલનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ આગળ કાર્ય કરે છે તે આ ઉથલાવી નાંખવાનું વલણ કરતાં મોમેન્ટની સામે થાય છે. તળીયાં અથવા પાયાની આસપાસનું Wનું મોમેન્ટ Pનાં મોમેન્ટની વિરૂદ્ધ દિશામાં છે અને તે W × ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ આગળની દીવાલની અર્ધ જાડાઈ જેટલા ફુટ–પૌંડનું થશે. જો Pનું મોમેન્ટ Wનાં મોમેન્ટ કરતાં ઓછું હોય તો દીવાલ ઉથલાઈ જશે. સલામતી માટે વ્યવહારમાં ઉથલાવી નાંખનારૂં મોમેન્ટ વધુમાં વધુ સામે થતાં Wનાં મોમેન્ટ કરતાં હમેશાં અતિશય ઓછું રાખવામાં આવ છે.

દાખલો ૨૧.—પાણીને રોકનારી ૧૫૦ ફુટ લાંબી દીવાલની એક ઉભા બાજુએ પાણીની ઉંડાઇ ૧૬ ફુટ છે, તો તે દીવાલ ઉપર આવતું પાણીનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ શોધો, અને દીવાલને ઉથલાવી નાંખનારૂં મોમેન્ટ શોધો.

દીવાલની ઉભી બાજુ ઉપરનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ =

P = દીવાલની ડુબેલી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ × પાણીની છુટી સપાટીથી ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઇ × એક ઘનફુટ પાણીનું વજન.

$$\therefore P = ૧૫૦ \times ૧૬ \times \frac{૧૬}{૨} \times ૬૨{\cdot}૫ = \underline{૧૨,૦૦૦,૦૦૦ \text{ પૌંડ}}$$

$$\text{દીવાલને ઉથલાવી નાંખનારૂં મોમેન્ટ} = P \times \frac{H}{૩} = ૧૨૦૦૦૦૦૦ \times \frac{૧૬}{૩}$$
$$= \underline{૬૪૦૦૦૦૦૦ \text{ ફુટ–પૌંડ}}$$

દાખલો ૨૨.—જો દાખલા ૨૧માં આપેલી દીવાલનું છેદચિત્ર કાટકોણ ચોખુણાકાર હોય, તેનું વજન દર ઘનફુટ દીઠ ૧૨૦ પૌંડ હોય, અને દીવાલની ઉંચાઈ ૨૦ ફુટ હોય, તો દીવાલને ઉથલાવી નાંખનારાં બમણાં મોમેન્ટ જેટલું તેની સામે થનારૂં મોમેન્ટ મેળવવા માટે દીવાલની જાડાઈ કેટલી રાખવી જોઈશે ?

દીવાલનું ઘનમાપ = ૧૫૦ × ૨૦ × T = ઘનફુટ

∴ દીવાલનું વજન = ૧૫૦ × ૨૦ × T × ૧૨૦ પૌંડ

દીવાલનું છેદચિત્ર કાટકોણ ચોખુણાકાર છે, માટે તેનું ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ દીવાલની જાડાઈનાં મધ્યમાં છે, માટે દીવાલનાં વજનનો લીવરેજ = $\frac{\text{દીવાલની જાડાઈ T}}{\text{૨}}$ છે.

∴ દીવાલનાં વજનનું મોમેન્ટ = દીવાલનું વજન × તેનો લીવરેજ

$$= ૧૫૦ \times ૨૦ \times T \times ૧૨૦ \times \frac{T}{૨}$$

પણ દીવાલનાં વજનનું આ મોમેન્ટ ઉથલાવી નાંખનારાં મોમેન્ટનું બમણું રાખવાનું છે.

$$\therefore ૬૪૦૦૦૦૦૦ \times ૨ = ૧૫૦ \times ૨૦ \times T \times ૧૨૦ \times \frac{T}{૨}$$

$$૧૨૮૦૦૦૦૦૦ = ૧૮૦૦૦૦ \times T^૨$$

$$\therefore T^૨ = \frac{૧૨૮૦૦૦૦૦૦}{૧૮૦૦૦૦} = ૭૧૧.૧$$

$$\therefore T = \sqrt{૭૧૧.૧} = \underline{૨૬.૬૬ \text{ ફુટ}}$$

નક્કર પદાર્થને પ્રવાહીમાં ડુબાડવા વિષે.—જો એક નક્કર પદાર્થને કોઈપણ દ્રવ પદાર્થ એટલે ફ્લુઈડ (fluid) પછી ગમે તો તે પ્રવાહી અથવા વાયુ હોય તેમાં ડુબાડવામાં આવે, તો તે તેનાં પોતાનાં કદ અથવા ઘનમાપ (વોલ્યુમ)ની બરાબરના તે પ્રવાહીના જથ્થાને ખસેડે છે. અભેદ્યતા (impenetrability)ના નિયમ ઉપરથી આ સ્પષ્ટ છે.

અભેદ્યતાનો નિયમ એ છે કે—"બે પદાર્થો એકી વેળાએ એકજ જગ્યામાં સમાઈ શકતા નથી."

આ ઉપરથી આપણને કોઈ પણ વાંકાચુંકા પદાર્થનું કદ એટલે વોલ્યુમ (ઘનમાપ) શોધવાની રીત મળે છે, જે નીચે પ્રમાણે છેઃ—

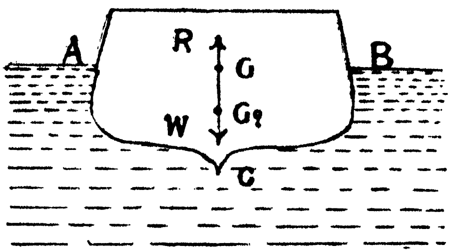
જે પદાર્થનું કદ અથવા ઘનમાપ (વોલ્યુમ) શોધવું હોય તેને પાણીથી છલાછલ ભરેલાં એક વાસણમાં ડુબાડી તે પદાર્થે ખસેડેલો પાણીનો જથ્થો જે તે વાસણમાંથી ઉભરાઈને બહાર પડે છે તે બીજાં વાસણમાં ઝીલી લઈ તેને જાણીતાં કદ (વોલ્યુમ)નાં મેઝર-ગ્લાસમાં રેડી તેનું કદ અથવા ઘનમાપ (વોલ્યુમ) તપાસી નક્કી કરવું. પદાર્થે ખસેડેલાં પાણીનાં આ કદ અથવા ઘનમાપની બરાબર તે પદાર્થનું કદ અથવા ઘનમાપ છે. આ નિયમ આર્કિમીડીસ (Archimedes) નામના ગ્રીસ દેશના ભૂમિતિ શાસ્ત્રી અને તત્વજ્ઞાની (ફિલસુફ) એ ઈસ્વી સન પૂર્વે ૨૫૦નાં સાલમાં પહેલ વહેલો શોધ્યો હતો. આ શોધની વાર્તા નીચે પ્રમાણે લખાયલી છે :—

તે વખતના હીરો (Hero) નામના એક રાજાએ તાજ બનાવવા માટે ચોક્કસ વજનનું સોનું એક સોનીને આપ્યું. સોની પોતાને ઘેર તાજ તૈયાર કરીને દરબારમાં લઈ ગયો અને રાજાને તે તાજ હવાલે કર્યું. સોનાનો કેટલોક ભાગ સોનીએ ચોરી પોતાને ત્યાં રાખ્યો હશે એવો શક રાજાનાં મનમાં ઉત્પન્ન થયો, તેથી તેણે તે તાજનું વજન કરાવ્યું. પણ તેને માલમ પડયું કે સોનાનું જેટલું વજન તેણે સોનીને આપ્યું હતું તેટલુંજ બરાબર વજન તાજનું થયું. તોપણ આ અજમાયશથી રાજાને હજી સંતોષ થયો નહીં, તેથી તેણે પોતાના દરબારના તત્વજ્ઞાની (ફિલસુફ) નામે આર્કિમીડીસની સલાહ લીધી, અને તે તાજમાં કાંઈ ભેળ કરેલો છે કે કેમ તે શોધી કાઢવાને રાજાએ આર્કિમીડીસને કહ્યું. દરબાર બરખાસ્ત થયા બાદ આર્કિમીડીસ પોતાને ઘેર ગયો અને નોકરને નાહવાનું પાણી કાઢવાને હુકમ કર્યો. નોકરે નાહવા માટેનાં વાસણ (બાથ Bath)ને છલાછલ પાણીથી ભર્યું હતું.

જેવોજ આર્કિમીડીસ નાહવાનાં વાસણમાં ઉતર્યો તેવુંજ વાસણમાંથી પાણી ઉભરાઈને બહાર પડતું તેને માલમ પડ્યું. તેણે તુરતજ અનુમાન કર્યું કે જે પાણી ઉભરાઈને બહાર પડ્યું છે તેનું કદ અથવા ઘનમાપ પોતાનાં શરીરના ડુબેલા ભાગનાં કદ અથવા ઘનમાપની બરાબર હોવું જોઈએ. આ શોધથી તે એટલો બધો ખુશી થઈ ગયો કે તે નાહવાનાં વાસણમાંથી એકદમ બહાર કુદી પડયો અને નગ્ન સ્થિતિમાં સીધો રાજા પાસે દોડતો જઈ બુમ પાડી ઉઠયો કે "મેં શોધ્યું છે! મેં શોધી કાઢયું છે!" ત્યાર પછી તેણે રાજાએ જેટલા વજનનું સોનું સોનીને આપ્યું હતું તેટલાજ વજનનું ચોખ્ખું સોનું લઈને તાજ ઉપર પ્રયોગ કરવાનું શરૂ કર્યું. તેણે પહેલાં ચોખ્ખાં સોનાનાં ટુકડાને પાણીથી છલાછલ ભરેલાં વાસણમાં ડુબાડી જેટલું પાણી વાસણમાંથી ઉભરાઇને બહાર પડ્યું તે તપાસ્યું. ત્યાર પછી તેણે જેટલાં વજનનું સોનું લીધું હતું તેટલાંજ વજનનું રૂપું લઇ ઉપલીજ રીતે તેનું કદ અથવા ઘનમાપ (વોલ્યુમ) નક્કી કર્યું, અને છેવટે એજ પ્રમાણે તાજનું કદ અથવા ઘનમાપ નક્કી કર્યું. આ પ્રમાણે પ્રયોગ કરતાં તેને માલમ પડ્યું કે તાજ જેટલાંજ વજનનાં ચોખ્ખાં સોનાએ પાણીનાં જેટલાં કદ અથવા ઘનમાપને ખસેડ્યું હતું તેનાં કરતાં તાજે વધુ કદનાં પાણીને ખસેડ્યું છે. આ મનોરંજક રીતે તેણે સોનીએ કરેલો દગો શોધી કાઢયો, અને કુદરતનો નિયમ શોધ્યો.

તરતા પદાર્થો ઉપર કાર્ય કરતાં જોરો.—જ્યારે એક પદાર્થ બીલકુલ પ્રવાહી વડે ટેકવાય છે ત્યારે તે પદાર્થ તરે છે એમ કહેવાય છે. જ્યારે એક પદાર્થ પ્રવાહી ઉપર તરે છે ત્યારે તે ઉપર બે રીઝલ્ટન્ટ જોરો કાર્ય કરે છે. આ જોરોમાંનું એક જોર તેનું પોતાનું વજન છે અને બીજું તેની બાજુઓ અને તળીયાં ઉપરનું પાણીનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ છે. એક પદાર્થ પ્રવાહી ઉપર તરી શકે તે માટે તે પદાર્થ ઉપર કાર્ય કરતાં આ જોરો સમતોલપણામાં હોવાં જોઇએ. આકૃતિ

૫૮માં દેખાડ્યા પ્રમાણે શાંત પાણીમાં સ્થાઇ સ્થિતિએ તરતાં એક વહાણનો દાખલો લઇશું. આ વહાણ ઉપર બે રીઝલ્ટન્ટ જોરો કાર્ય કરે છે, જેમાંનું એક જોર વહાણનું પોતાનું વજન છે જે વહાણનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ Gમાંથી થઇને નીચલી દિશામાં કાર્ય કરતું ઉભું જોર W છે,



આકૃતિ ૫૮.

અને બીજું પાણીનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ છે જે વહાણે ખસેડેલાં પાણીનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ G_1માંથી થઇને ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું જોર R છે. વહાણની બાજુએ ઉપર કાર્ય કરતાં પાણીનાં આડી દિશાનાં દબાણો સામસામી દિશામાં કાર્ય કરતાં હોવાથી તેઓ પોતાની મેળેજ સમ-તોલપણામાં છે એને તેઓ માત્ર વહાણને દબાવવાનું વલણ કરે છે, તેથી તેઓ આ બાબતમાં કશી અસર કરતાં નથી. પાણીનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ R વહાણનાં વજન Wને સમતોલ કરે છે, તેટલા માટે Wનાં કાર્યની સીધી રેખામાં ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું પાણીનું ઉભું જોર R નીચલી દિશામાં કાર્ય કરતાં વહાણનાં વજન Wની બરાબર હોવાં જોઇએ, નહિતર વહાણ પાણીની ઉપર ઉંચકાઇ આવશે અથવા પાણીમાં ડુબી જશે. પાણીની તરણશીલ અસરને લીધેનાં આ જોર Rને "તારક શક્તિ" અથવા "તરણ શક્તિ" એટલે "બોયેન્સી" (Buoyancy) કહેવામાં આવે છે.

નીચલી દલીલ દર્શાવશે કે ગમે તે આકારના એક પદાર્થ ઉપરનું પ્રવાહીનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ ઉભી દિશામાં ઉપલી તરફ કાર્ય કરે છે અને તે દબાણ તે પદાર્થ જેટલો પ્રવાહી ખસેડે છે તેનાં વજનની બરાબર છે. ધારો કે કોઇ પણ આકારનો એક પદાર્થ પછી ગમે તો તે સરખા કદનો અથવા વાંકાચુંકો હોય તન શાંત પ્રવાહીમાં બુરાડ-વામાં આવે, તો તે સ્થાઇ રહે છે, અને તેટલા માટે તે પદાર્થ તેનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુમાંથી પસાર થતાં ઉભી દિશામાં ઉપલી તરફ કાર્ય

કરતાં અને તેનાં વજનની બરાબરનાં તેની આજુબાજુનાં પ્રવાહીનાં દબાણને લીધે આવતાં જોરને આધિન હોવો જોઇએ. ધારો કે તે પદાર્થની આજુબાજુનું પ્રવાહી બંધાઇ જઇ નક્કર બને છે, અને તેથી તે પદાર્થનો આકાર તેમાં જળવાઇ રહે છે. હવે જો તે પદાર્થ ઉંચકી લેવામાં આવે, અને તેના આકારના ખાડામાં તે ખાડો બરાબર ભરાય એમ સપાટી સુધી તેજ જાતનો પ્રવાહી રેડવામાં આવે, અને ત્યાર પછી બંધાઇ ગયલાં પ્રવાહીને પાછું પ્રવાહી સ્થિતિમાં લાવવામાં આવે, તો ખાડામાં રેડેલાં પ્રવાહી ઉપરનું દબાણ જ્યારે પદાર્થ પ્રવાહીમાં હતો ત્યારે તે ઉપર જે દબાણ આવતું હતું તે દબાણની તદ્દન બરાબર હશે. જ્યારે આ પ્રમાણે છે ત્યારે ખાડામાં રેડેલાં પ્રવાહીનું વજન અને પદાર્થનું વજન એ બન્ને સરખાં હોવાં જોઈએ, કારણ કે દરેક તેની આજુબાજુનાં પ્રવાહીનાં રીઝલ્ટન્ટ દબાણ Rની બરાબર છે. પણ પ્રવાહીની આજુબાજુનું આ રીઝલ્ટન્ટ દબાણ માત્ર ઉંડાઈ ઉપર આધાર રાખે છે, અને તેટલા માટે તે દબાણ ગમે તો નક્કર વડે અથવા તો પ્રવાહી વડે જગ્યા રોકવામાં આવે તોપણ તેજ રહે છે. તેટલા માટે તે પદાર્થનું વજન જે પ્રવાહીને તેણે ખસેડયું છે તે પ્રવાહીનાં વજન જેટલું છે, અને તે પદાર્થ અને ખસેડેલાં પ્રવાહીનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુઓને જોડનારી સીધી લીટી ઉભી હોય છે. ખસેડેલાં પ્રવાહીનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ જેમાંથી થઈને પ્રવાહીનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ કાર્ય કરે છે તેને "તારક શક્તિનું મધ્યબિંદુ" એટલે "સેન્ટર ઓફ બોયેન્સી" (Centre of Buoyancy) કહે છે. આ ઉપરથી આપણને નીચે પ્રમાણેનો નિયમ મળે છે, અને તે નિયમને આર્કિમીડીસનો નિયમ કહેવામાં આવે છેઃ-

આર્કિમીડીસનો નિયમ.—જ્યારે એક પદાર્થને પ્રવાહીમાં પુરેપુરો અથવા થોડે ભાગે બુડાડવામાં આવે ત્યારે જેટલાં પ્રવાહીને પદાર્થે ખસેડયું હોય તેનાં વજનની બરાબરનાં જોરથી પ્રવાહી તે પદાર્થને ઉભી દિશામાં ઉપલી તરફ દબાવે છે અને આ જોર ખસેડેલાં પ્રવાહીનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ આગળ કાર્ય કરે છે એમ લેવામાં આવે.

કેટલાક પદાર્થો પાણી ઉપર તરે છે અને કેટલાક પાણીમાં ડુબી જાય છે તેનું કારણ આ નિયમથી આપણે સમજી શકીએ છીએ. જ્યારે પદાર્થનું વજન સરખાં કદનાં પાણીનાં વજન કરતાં ઓછું થાય છે ત્યારે તે પદાર્થ પાણી ઉપર તરે છે, અને જ્યારે પદાર્થનું વજન સરખાં કદનાં પાણીનાં વજન કરતાં વધારે થાય છે ત્યારે તે પદાર્થ પાણીમાં ડુબી જાય છે. દાખલા તરીકે આપણે ખાલી લોખંડની બાલદીને પાણીમાં મુકીશું તો તે પાણી ઉપર તરશે, પરંતુ બાલદી જેટલાંજ વજનનો લોખંડનો કકડો લઈ તેને પાણીમાં મુકીશું તો તે ડુબી જશે. એનું કારણ એ છે કે બાલદી પોકળ છે અને તેમાં વાયુ ભરેલો છે, અને તેથી બાલદી અને વાયુનું વજન તેટલાંજ કદનાં પાણીનાં વજન કરતાં ઓછું થાય છે, જ્યારે લોખંડનો નાનો કકડો થોડી જગ્યા રોકી તેનાં જેટલા કદનાં પાણી કરતાં વજનમાં ભારે થાય છે. બાલદીનો થોડો ભાગ પાણીમાં ડુબે છે ત્યારે તે જેટલું પાણી ખસેડે છે તેટલાં પાણીનું વજન બાલદી અને તેની અંદરના વાયુનાં વજનની બરાબર છે, તેથી બાલદી પાણી ઉપર ઉભી દિશામાં નીચલી તરફ વધારે દબાણ કરી શકતી નથી.

લોઢાંનું દ્રવ્ય (ઘટ્ટપણું એટલે ડેન્સીટી) પાણી કરતાં વધારે ઘટ્ટ હોય છે, છતાં લોખંડની બનાવેલી ભારે સ્ટીમરો (વરાળયંત્રથી ચાલતાં વહાણો) તેમાં ભરેલા હજારો ટન વજનના માલ સાથે પાણી ઉપર તરે છે, કારણ કે સ્ટીમરનું, તેમાં ભરેલા માલનું, અને તેમાં રહેલા વાયુનું કુલ વજન સ્ટીમરના પાણીમાં ડુબેલા ભાગ વડે જેટલું પાણી ખસે છે તેટલાં પાણીનાં વજનની બરાબર થાય છે, એટલે આખી સ્ટીમરનું કુલ વજન સરખાં કદનાં પાણીનાં વજન કરતાં બહુ ઓછું છે, જેથી સ્ટીમર પાણી ઉપર તરી શકે છે.

દાખલો ૨૩.—એક કાટકોણ ચોખુણાકાર ટાંકીનું તળીયું ૩ ફુટ સમચોરસ છે, અને તેમાં તળીયાંથી ૨ ફુટની ઉંચાઈ સુધી પાણી ભરેલું છે. આ ટાંકીમાં ૧૧૨$\frac{१}{२}$ પૌંડનાં વજનનું એક લાકડાંનું ઢીમચું

(બ્લોક) જેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ ૩ ચોરસ ફુટ છે તે મુકવામાં આવે છે, અને તે પાણી ઉપર એવી રીતે તરે છે તેની બાજુઓ ઉભી રહે છે અને આ છેદચિત્ર આડી દિશામાં રહે છે; તો આ ઢીમચું મુકવાથી ટાંકીમાં પાણી કેટલું ઉંચે ચઢશે, અને તે વેળાએ ટાંકીની એક ઉભી બાજુ ઉપર કેટલું દબાણ હશે?

ઢીમચું પોતાનાં વજન જેટલાં પાણીને ખસેડશે, અને જેટલાં પાણીને ખસેડવામાં આવશે તેટલું પાણી ટાંકીમાં ઉંચે ચઢશે, એટલે ઢીમચાંનો જેટલો ભાગ પાણીમાં ડુબેલો હશે તેનાં કદની બરાબરનું પાણી ખસશે.

ધારો કે, v = ઢીંમચાંએ ખસેડેલાં પાણીનું કદ અથવા ઘનમાપ (વોલ્યુમ) જે ટાંકીમાં ઉંચે ચઢી વધારાની જગ્યા રોકે છે.

$\therefore v \times ૬૨{\cdot}૫$ = ઢીંમચાંએ ખસેડેલાં પાણીનું વજન જે ઢીંમચાંનાં વજનની બરાબર છે.

$\therefore v \times ૬૨{\cdot}૫ = ૧૧૨{\cdot}૫$

$\therefore v = \frac{૧૧૨{\cdot}૫}{૬૨{\cdot}૫} = ૧{\cdot}૮$ ઘનફુટ.

પાણીની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ $= ૩ \times ૩ = ૯$ ચો. ફુટ

$\therefore ૯ \times$ ઉંચાઇ $= ૧{\cdot}૮$

$\therefore$ ઉંચાઈ $= \frac{૧{\cdot}૮}{૯} = ૦{\cdot}૨$ ફુટ $=$ <u>૨·૪ ઇંચ.</u>

જ્યારે પાણી ૦·૨ ફુટ જેટલું ઉંચે ચઢશે ત્યારે ઉભી બાજુની પાણીમાં ડુબેલી સપાટીની ઉંચાઇ $= ૨ + ૦{\cdot}૨ = ૨{\cdot}૨$ ફુટ, અને પહોળાઇ ૩ ફુટ છે.

$\therefore$ ઉભી બાજુની પાણીમાં ડુબેલી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ $= ૩ \times ૨{\cdot}૨$ ચો. ફુટ

પાણીના નવી છુટી સપાટીથી બાજુનાં ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ સુધીની ઉંડાઇ $= \frac{૨{\cdot}૨}{૨}$ ફુટ.

$\therefore$ ઉભી સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ $= ૩ \times ૨{\cdot}૨ \times \frac{૨{\cdot}૨}{૨} \times ૬૨{\cdot}૫$

$=$ <u>૪૫૩·૭૫ પૌંડ.</u>

દાખલો ૨૪.—૧૨ ઇંચ વ્યાસનાં અને ૨૪ ઇંચ ઉંડાં લોખંડનાં પત્રાનાં એક ખાલી પીપ (ડ્રમ)ને એક વાસણ જેમાં ૨૧ ઇંચ ઉંડું પાણી ભરેલું છે તેમાં ડુબાડી દેવાનું છે, તો આ પીપ પાણી ઉપર ઉંચકાઇ ન આવે તે માટે તેની ઉપર કેટલું વજન મુકવું પડશે તે શોધો.

પીપ જેટલાં પાણીને ખસેડશે તેટલાં પાણીનાં વજન બરાબરનું વજન પીપ ઉપર મુકવું જોઇએ.

પીપે ખસેડેલાં પાણીનું ઘનમાપ = ૧ × ૧ × ·૭૮૫૪ × ૧·૭૫

= ૧·૩૭૪૪૫ ઘનફુટ

પીપ ઉપર જોઇતું વજન = ૧·૩૭૪૪૫ × ૬૨·૫ = ૮૫·૯૦૩૧૨૫ પૌંડ

દાખલો ૨૫.—એક કાટકોણ ચોખુણાકાર વાસણ જેનું વજન ૬૭૫ પૌંડ છે તેનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ પાણીની સપાટી આગળ ૩૦ ચોરસ ફુટ છે, અને તેમાં એટલી હદે વજન મુકેલું છે કે જેથી તેનું તળીયું પાણીમાં ૫ ફુટની ઉંડાઇએ ડુબેલું છે, તો તે વાસણમાં કેટલું વજન મુકવામાં આવ્યું હશે તે શોધો. વળી જો તે વાસણમાં ૨૩૨૫ પૌંડનું વજન મુકવામાં આવે તો તેનું તળીયું કેટલી ઉંડાઇએ પાણીમાં ડુબશે ?

વાસણે ખસેડેલાં પાણીનું ઘનમાપ = ૩૦ × ૫ = ૧૫૦ ઘનફુટ

∴ વાસણે ખસેડેલાં પાણીનું વજન = ૧૫૦ × ૬૨·૫ = ૯૩૭૫ પૌંડ.

પણ વાસણે ખસેડેલાં પાણીનું વજન = વાસણનું વજન + તે ઉપર લાધેલું વજન.

∴ ૬૭૫ + લાધેલું વજન = ૯૩૭૫.

∴ લાધેલું વજન = ૯૩૭૫ − ૬૭૫ = ૮૭૦૦ પૌંડ

વાસણે ખસેડેલાં પાણીનું વજન = વાસણનું વજન + તે ઉપર લાધેલું વજન

= ૬૭૫ + ૨૩૨૫ = ૩૦૦૦ પૌંડ.

પણ વાસણે ખસેડેલાં પાણીનું વજન = વાસણનું પાણીની સપાટી આગળનું ક્ષેત્રફળ × ઉંડાઈ × ૬૨·૫.

∴ ૩૦૦૦ = ૩૦ × ઉંડાઇ × ૬૨·૫

$$\therefore \text{ ઉંડાઈ} = \frac{૩૦૦૦}{૩૦ \times ૬૨·૫} = \underline{૧·૬ \text{ ફુટ}}$$

દાખલો ૨૬.—એક ઘનાકાર પેટી (ક્યુબીકલ બોક્સ) જેની બાજુની લંબાઇ ૨ ફુટ છે તેમાં ૩૭૬·૨૫ પૈાંડનું વજન મુકવાથી તે પાણીમાં એવી રીતે તરે છે કે તેનું તળીયું પાણીની સપાટીથી ૧ ફુટ ૭½ ઇંચ નીચે રહે છે, તેા તે પેટીનું વજન શેાધેા.

પેટીએ ખસેડેલાં પાણીનું ઘનમાપ = ૨ × ૨ × $૧\frac{૧}{૮}^{૩}$ = ૬·૫ ઘનફુટ.

∴ પેટીએ ખસેડેલાં પાણીનું વજન = ૬·૫ × ૬૨·૫ = ૪૦૬ ૨૫ પૈાંડ.

પણ પેટીએ ખસેડેલાં પાણીનું વજન = પેટીનું વજન + તેમાં મુકેલું વજન.

૪૦૬·૨૫ = પેટીનું વજન + ૩૭૬·૨૫

∴ પેટીનું વજન = ૪૦૬·૨૫ − ૩૭૬·૨૫ = <u>૩૦ પૈાંડ.</u>

દાખલો ૨૭.—એક કાટકેાણ ચેાખુણાકાર પેાન્ટૂન (Pontoon વહાણેા ઉપર માલ ચઢાવવા ઉતારવા માટેના તરતેા ડક્કો) જે ૧૦૦ ફુટ લાંબુ અને ૩૦ ફુટ પહેાળું છે તેને મીઠાં પાણીમાં ૮ ફુટનેા ડ્રાફ્ટ (draught એટલે તરવા માટે જોઇતી ઉંડાઈ) છે, એટલે પેાન્ટૂનનું ચપટું તળીયું પાણીની સપાટીથી ૮ ફુટ નીચે છે, તેા પેાન્ટૂનનું વજન શેાધેા. ધારેાકે પેાન્ટૂનનું વજન તેજ કાયમ રહે અને પેાન્ટૂન દરીઆનાં પાણીમાં તરતું રાખવાનું હેાય તેા ડ્રાફ્ટ (draught) કેટલેા હશે ? દર ઘનફુટ દીઠ મીઠાં પાણીનું વજન ૬૨·૫ પૈાંડ અને દરીઆનાં પાણીનું વજન ૬૪ પૈાંડ છે.

પેાન્ટૂને ખસેડેલાં મીઠાં પાણીનું વજન = ૧૦૦ × ૩૦ × ૮ × ૬૨·૫
= ૧૫૦૦૦૦૦ પૈાંડ.

પણ પેાન્ટૂને ખસેડેલાં પાણીનું વજન = પેાન્ટૂનનું વજન

∴ પેાન્ટૂનનું વજન = ૧૫૦૦૦૦૦ પૈાંડ = <u>૬૬૯·૬ ટન</u>

પોન્ટૂને ખસેડેલાં દરીયાનાં પાણીનું વજન = પોન્ટૂનનું ક્ષેત્રફળ × ડ્રાફ્ટ (ઉંડાઇ) × ૬૪.

પણ પોન્ટૂનનું વજન = પોન્ટૂને ખસેડેલાં દરીઆનાં પાણીનું વજન

$$૧૫૦૦૦૦૦ = ૧૦૦ \times ૩૦ \times \text{ડ્રાફ્ટ} \times ૬૪$$

$$\therefore \quad \text{ડ્રાફ્ટ} = \frac{૧૫૦૦૦૦૦}{૧૦૦ \times ૩૦ \times ૬૪} = \underline{૭\cdot૮૧૨૫ \text{ ફુટ}}$$

તમામ ડુબેલા પદાર્થનું પાણીમાં સમતોલપણું જાળવવા માટે જોઇતું જોર.—આર્કિમીડીસના નિયમ પ્રમાણે આપણે શીખી ગયા છીએ કે જ્યારે એક પદાર્થ પાણીમાં તમામ ડુબેલો હોય ત્યારે તે ઉપર તેણે ખસેડેલાં પાણીનાં વજન બરાબરનું ઉપલી દિશાનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ આવે છે. એ ઉપરથી એમ સાબીત થાય છે કે જો પદાર્થનું વજન તેણે ખસેડેલાં પાણીનાં વજન કરતાં વધારે હોય તો નીચલી દિશાનું જોર તે પદાર્થનું સમતોલપણું જાળવવા માટે જોઇશે.

ધારો કે, W = પાણીમાં તમામ ડુબેલા પદાર્થનું વજન.

R = તારકશક્તિ (બોયેન્સી) એટલે તે પદાર્થે ખસેડેલાં પાણીનાં વજન બરાબરનું ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું ઉભું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ.

P = પદાર્થનું સમતોલપણું જાળવવા માટે જોઇતું જોર.

જ્યારે પદાર્થનું વજન W તેણે ખસેડેલાં પાણીનાં વજન R કરતાં વધારે હોય ત્યારે પદાર્થનું સમતોલપણું જાળવવા માટે જોઇતું જોર P ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરશે, માટે $P + R = W$.

જ્યારે પદાર્થનાં વજન W કરતાં તેણે ખસેડેલાં પાણીનું વજન R વધારે હોય ત્યારે પદાર્થનું સમતોલપણું જાળવવા માટે જોઇતું જોર P નીચલી દિશામાં કાર્ય કરશે, માટે $P + W = R$.

વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ એટલે સ્પેસીફીક ગ્રેવીટી.—કોઇ પણ પદાર્થનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ એ અમુક કદ અથવા ઘનમાપનાં તે પદાર્થનું હવામાં તોલતાં જે વજન થાય તેને તેટલાંજ કદ અથવા ઘનમાપનાં

સ્વચ્છ (મીઠાં) પાણીનાં વજન સાથે સરખાવતાં જે પ્રમાણ આવે તેને "વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ" એટલે "સ્પેસીફીક ગ્રેવીટી" (specific gravity) કહે છે. પાણી કરતાં વધુ ભારે પદાર્થનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ પ્રયોગ વડે નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય:—

જે પદાર્થનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ શોધવું હોય તેને પહેલાં હવામાં તોલી વજન નોંધી લેવું; ત્યાર પછી તેને ૬૦°Fનાં ઉષ્ણતામાન (ટેમ્પરેચર)-વાળાં સ્વચ્છ (મીઠાં) પાણીમાં ડુબાડી તોલવું. આ વેળાએ તે પદાર્થનું વજન તેણે ખસેડેલાં પાણીનાં વજન જેટલું એટલે તારકશક્તિ (બોયેન્સી) જેટલું ઓછું થશે. તેટલા માટે જ્યારે પદાર્થ પાણીમાં હોય ત્યારે તેનાં વજનમાં થતી ખોટ તે પદાર્થ જેટલાંજ કદનાં પાણીનું વજન દર્શાવે છે.

ધારો કે, W = આપેલા પદાર્થનું હવામાં વજન.

P = તે પદાર્થનું પાણીમાં વજન.

R = તે પદાર્થ જેટલાંજ કદનાં પાણીનું વજન.

પદાર્થ જેટલાંજ કદનાં પાણીનું વજન = $R = W - P$

$$\therefore \text{ વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ} = \frac{W}{R} = \frac{W}{W - P}$$

$$\therefore \text{ પદાર્થ જેટલાંજ કદનાં પાણીનું વજન} = R = \frac{W}{\text{વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ}}$$

આ ઉપરથી સાબીત થાય છે કે આપણે સ્વચ્છ (મીઠાં) પાણીમાં તમામ ડુબેલા નક્કર પદાર્થની તારકશક્તિ (બોયેન્સી) તે પદાર્થનાં વજનને તેનાં વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ વડે ભાગીને નક્કી કરી શકીએ.

તમામ ડુબેલા પદાર્થનું સમતોલપણું જાળવવા માટે જોઈતાં જોરના નિયમને લાગુ પાડી પાણી કરતાં ભારે પદાર્થનાં વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ શોધી શકાય છે. ત્યારે $P + R = W$

પણ $$R = \frac{W}{\text{વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ}}$$

$$\therefore P + \frac{W}{\text{વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ}} = W$$

$$\therefore \frac{W}{\text{વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ}} = W - P$$

$$\therefore \text{વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ} \times (W - P) = W$$

$$\therefore \text{વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ} = \frac{W}{W - P}$$

દાખલેા ૨૮.—નરમ પેાલાદના એક સેટ સ્ક્રુને હવામાં તેાલતાં તેનું વજન ૦.૨૫ પૌંડ છે, અને જ્યારે તેને પાણીમાં તમામ ડુબાડી તેાલવામાં આવ્યેા ત્યારે તેનું વજન ૦.૨૧૮ પૌંડ માલમ પડયું, તેા તેનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ શેાધેા.

$$\text{વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ} = \frac{W}{W - P}$$

$$= \frac{\text{.૨૫}}{\text{.૨૫} - \text{.૨૧૮}} = \frac{\text{.૨૫}}{\text{.૦૩૨}} = \underline{\text{૭.૮}}$$

દાખલેા ૨૯.—એક સબમરીન (Submarine દરિયામાં ડુબકી મારતું વહાણ)નું વજન ૨૦૦ ટન છે અને તેને નુક્શાન થવાથી તે પાણીથી ભરાઈને દરિયાની તળીયે પડેલું છે. સબમરીન જે ધાતુનું બનેલું છે તે ધાતુનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ ૭.૮ છે. તેા તે સબમરીનને પાછું તરતું કરવા માટે તળીયેથી ઉપાડવા માટે ઉપાડનારી સાંકળે કેટલું ખેંચાણ કરવું જોઇએ તે શેાધેા.

સબમરીનનું વજન W તેણે ખસેડેલાં પાણીનાં વજન R કરતાં વધારે છે, કારણ કે તેમાં પાણી ભરાઈ ગયલું છે; માટે સબમરીનનું સમતેાલપણું જાળવવા માટે જોઈતું જોર P ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરવું જોઇશે, એટલે સબમરીનને પાણીમાં ઉપાડવા માટે ઉપલી દિશામાં કાર્ય કરતું P જેટલું જોર જોઈશે, અને જોરની બરાબરનું ખેંચાણ સાંકળ ઉપર આવશે.

સબમરીનની ધાતુનાં એક. ઘનફુટ દીઠ વજન = ૭.૮ × ૬૨.૫ પૌંડ.

$$\therefore \text{સબમરીનનું વેાલ્યુમ} = \frac{\text{૨૦૦} \times \text{૨૨૪૦}}{\text{૭.૮} \times \text{૬૨.૫}} \text{ ઘનફુટ}$$

સબમરીને ખસેડેલાં પાણીનું વોલ્યુમ એટલે ઘનમાપ = સબમરીનનું વોલ્યુમ (ઘનમાપ)

∴ સબમરીને ખસેડેલાં પાણીનું ઘનમાપ (વોલ્યુમ) $= \frac{૨૦૦ \times ૨૨૪૦}{૭.૮ \times ૬૨.૫}$

દરિયાનાં પાણીનું વજન દર ઘનફુટ દીઠ ૬૪ પૌંડ છે.

∴ સબમરીને ખસેડેલાં દરિયાનાં પાણીનું વજન અથવા

બોયેન્સી $= R = \frac{૨૦૦ \times ૨૨૪૦}{૭.૮ \times ૬૨.૫} \times \frac{૬૪}{૨૨૪૦} = ૨૬.૨$ ટન.

$$P + R = W$$

$$\therefore P = W - R$$

$$= ૨૦૦ - ૨૬.૨ = \underline{૧૭૩.૮ \text{ ટન.}}$$

એકસરસાઇઝ ૮મી.

૧. એક હાઇડ્રો-ઇલેક્ટ્રીક પાવર સ્ટેશનથી પાણીનો તળાવ (રેઝરવોયર) ૧૭૩૦ ફુટની ઉંચાઇએ આવેલો છે. તો તે પાવર સ્ટેશનમાંનાં વોટર-વ્હીલ અથવા ટરબાઇનમાં પાણી દર ચોરસ ઈંચ દીઠ કેટલા પૌંડનાં દબાણે દાખલ થતું હશે તે શોધો.

૨. એક ડુબકી મારનાર જ્યારે પાણીની સપાટીથી ૪૦ ફુટની ઉંડાઇએ સ્વચ્છ (મીઠાં) પાણીમાં ડુબકી મારે છે, તો તેની સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ શોધો.

૩. એક ગોળાકાર પ્લેટ જેનો વ્યાસ ૭ ઈંચ છે તેને પાણીમાં ૬૦ વારની ઉંડાઇએ ડુબાડેલી છે. તો તેની સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ શોધો.

૪. એક ઉભી નળી ૩ ફુટ લાંબી છે અને તેના અંદરનો વ્યાસ ૧ ઈંચ છે. આ નળીને પાણી તથા પારાનાં સરખાં કદ એટલે વોલ્યુમ વડે ભરેલી છે. જો પારાનું વજન પાણીનાં વજનથી ૧૩.૫૬ ગણું હોય, તો પ્રવાહીના હેડને લીધે નળીનાં તળીયાં ઉપર દર ચોરસ ઈંચ દીઠ આવતું દબાણ શોધો. વળી નળીમાં પાણી કેટલા પૌંડ હશે તે શોધો.

૫. પાણીના ૧૨૦ ફુટના હેડને લગતું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ દબાણ શોધો, અને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૫૦ પૌંડનાં દબાણને લગતો પાણીનો હેડ ફુટમાં શોધો.

૬. એક નળાકાર ટાંકી જેનો વ્યાસ ૭ ફુટ છે તેને જમીન ઉપર તેની મધ્ય રેષા આડી દિશામાં રહે એમ મુકેલી છે; તો જ્યારે તે ટાંકી પાણીથી ભરેલી હોય ત્યારે તેના એક છેડા ઉપરનું કુલ દબાણ શોધો. જો આ ટાંકીને તેલથી ભરેલી હોય તો તે છેડા ઉપર કુલ કેટલું દબાણ પડશે તે શોધો. તેલનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ ૦.૮ છે.

૭. એક કાટકોણ ચોખુણાકાર ટાંકી ૧૦ ફુટ લાંબી, ૬ ફુટ પહોળી અને ૪ ફુટ ઉંડી છે અને તે મીઠાં (સ્વચ્છ) પાણીથી ભરેલી છે, તો તેનાં તળીયાં અને ચારે બાજુ ઉપરનાં દબાણો શોધો.

૮. જો દાખલા ૭માંની ટાંકીને દરિયાનાં પાણીથી ભરવામાં આવે તો તેનાં તળીયાં અને ચારે બાજુ ઉપર કેટલું દબાણ પડશે?

૯. એક શંકુ આકારની ટાંકીનાં ગોળાકાર તળીયાંનો વ્યાસ ૬ ફુટ અને ઉંડાઈ ૧૦ ફુટ છે અને તે સ્વચ્છ (મીઠાં) પાણીથી ભરેલી છે, તો તેનાં તળીયાં ઉપર કુલ કેટલું દબાણ પડશે?

૧૦. એક ઘનાકાર (ક્યુબીકલ) ટાંકી જેની બાજુઓ ઉભા છે ને જ્યારે પાણીથી સંપૂર્ણ ભરેલી હોય ત્યારે તેમાં ૪ ટન સ્વચ્છ પાણી સમાય છે, તો જ્યારે તે સ્વચ્છ પાણીથી ભરેલી હોય ત્યારે તેનાં તળીયાં અને તેની એક ઉભા બાજુ ઉપર કેટલું દબાણ આવશે?

૧૧. એક ઢળતાં તળીયાંવાળી કાટકોણ ચોખુણ ટાંકી પાણીથી ભરેલી છે. તેનાં તળીયાંની બે સામસામી સીધી બાજુઓમાંની દરેક ૬ ફુટ લાંબી છે, અને તેમાંની એક બાજુ પાણીની છુટી સપાટીથી ૫ ફુટની ઉંડાઈએ અને બીજી બાજુ ૩ ફુટની ઉંડાઈએ આવેલી છે. આ તળીયાંની બીજી બે ત્રાંસી બાજુઓમાંની દરેક ૮ ફુટ લાંબી છે, તો તે ટાંકીનાં ઢળતાં તળીયાં ઉપર પડતું કુલ દબાણ શોધો

૧૨. એક કાટકોણ ચોખુણાકાર ટાંકી ૮ ફુટ લાંબી, ૫ ફુટ પહોળી, અને ૪ ફુટ ઉંડી છે, અને તે પાણીથી ભરેલી છે. આ ટાંકીનાં મથાળાંનાં ઢાંકણમાં વેહ પાડી તેમાં એક નળીને બેસાડી તે નળીમાં જ્યાં સુધી પાણીની સપાટી ટાંકીનાં તળીયાંથી ૧૦ ફુટની ઉંચાઈએ પહોંચે ત્યાં સુધી તેમાં પાણી રેડવામાં આવે છે, તો તે ટાંકીનાં તળીયાં, મથાળાં અને બાજુઓ ઉપરનાં દબાણ શોધો. વળી જ્યારે પાણીને તે નળીમાં ૩ ફુટ નીચે ઉતારવામાં આવે ત્યારે તળીયાં, મથાળાં અને બાજુઓ ઉપર કેટલું દબાણ આવશે?

૧૩. પાણીથી ભરેલી ચોખુણ ટાંકીની એક ઉભી સપાટ બાજુમાં ૧૮ ઇંચ વ્યાસની એક ગોળાકાર પ્લેટને રીવેટથી જોડેલી છે. આ પ્લેટની ઉપલી ધાર પાણીની સપાટીથી ૬ ફુટ નીચે છે, તો તે પ્લેટ ઉપરનું દબાણ શોધો.

૧૪. પાણીથી ભરેલી એક ટાંકીની બે સમાંતર બાજુઓ એક સરખી ઢળતી છે અને તેની લંબાઈ ૧૨ ફુટ છે. મથાળાં આગળ ટાંકીની પહોળાઈ ૧૩ ફુટ છે અને તળીયાં આગળ ૪ ફુટ છે ટાંકીની લંબ ઉંડાઈ ૬ ફુટ છે, અને બન્ને ઢળતી બાજુઓની ત્રાંસી ઉંચાઈ ૭$\frac{1}{2}$ ફુટ છે, તો તે ટાંકીનાં તળીયાં અને ચારે બાજુ ઉપરનાં દબાણ શોધો.

૧૫. એક લોખંડની ટાંકી ૮ ફુટ ઉંડી છે, તો જ્યારે તે ટાંકી પાણીથી ભરેલી હોય ત્યારે તેનાં તળીયાંની પ્લેટ ઉપર દર ચોરસ ફુટ દીઠ કેટલું દબાણ પડશે અને તેની ઉભી બાજુઓ ઉપર દર ચોરસ ફુટ દીઠ કેટલું સરેરાશ દબાણ પડશે?

૧૬. એક કાટકોણ ચોખુણાકાર ટાંકીનું તળીયું ૫ ફુટ સમચોરસ છે અને તેની બાજુઓ ઉભી છે. આ ટાંકી પાણીથી સંપૂર્ણ ભરેલી છે અને તેમાં ૬૨૦ ગેલન પાણી સમાયલું છે, તો તે ટાંકીની ઉંડાઈ શોધો અને તળીયાં તથા દરેક બાજુ ઉપરનાં દબાણ શોધો.

૧૭. એક ઘનાકાર ટાંકીમાં ૧૩૫૦ ગેલન પાણી સમાયલું છે, તો જ્યારે તે ટાંકી પાણીથી ભરેલી હોય ત્યારે તેનાં તળીયાં અને દરેક બાજુ ઉપરનાં દબાણ શોધો.

૧૮. પાણીની પાઈપ ઉપર એક પ્રેસ્યોર ગેજ બેસાડેલો છે અને તે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૫૦ પૌંડનું દબાણ દર્શાવે છે, તો જે બિંદુ આગળ આ ગેજ બેસાડેલો છે તે બિંદુ પાણીની છુટી સપાટીથી કેટલા ફુટ નીચે હશે તે શોધો.

૧૯. એક ટાંકી ૮ ફુટ લાંબી, ૪ ફુટ પહોળી, અને ૬ ફુટ ઉંડી છે, અને તેને મથાળેથી બંધ કરેલી છે. ખુલ્લાં મ્હોં સાથની એક પાઇપને એલબો (elbow) વડે તેની એક બાજુમાં વેહ પાડી બેસાડેલી છે. ટાંકીનાં તળીયાંથી પાઇપની ઉંચાઈ ૧૪ ફુટ છે, અને ટાંકી તથા પાઇપ પાણીથી ભરેલી છે, તો તે ટાંકીનાં મથાળાં, તળીયાં અને દરેક બાજુ ઉપરનાં દબાણ શોધો.

૨૦. ઢળતાં તળીયાંવાળી એક ટાંકી ૪ ફુટ લાંબી અને ૪ ફુટ પહોળી છે. આગલી બાજુએ તે ટાંકીની ઉંડાઈ ૬ ફુટ છે અને પાછલી બાજુએ ૩ ફુટ છે. જો આ ટાંકીને પાણીથી ભરેલી હોય, તો તેનાં તળીયાં અને દરેક બાજુ ઉપરનાં દબાણ શોધો.

૨૧. એક નળાકાર ટાંકીનો વ્યાસ ૪ ફુટ છે અને ઉંચાઈ ૮ ફુટ છે તથા ટાંકીનું તળીયું આડી દિશામાં છે. જો આ ટાંકી પાણીથી ભરેલી હોય, તો તેનાં તળીયાં અને વાંકવાળી સપાટી ઉપરનાં દબાણ શોધો.

૨૨. એક ગોળાના આકારનાં વાસણનો વ્યાસ ૩ ફુટ છે અને તેને નદીનાં મીઠાં પાણીમાં ડુબાડેલું છે. આ વાસણનું મધ્યબિંદુ પાણીની સપાટીથી ૨૦ ફુટ નીચે છે, તો તેની સપાટી ઉપર આવતું કુલ દબાણ શોધો.

૨૩. તળાવમાં પાણીને દાખલ કરી રોકી નાંખનારા એક દરવાજા એટલે લોક ગેટ (lock gate)ની પહોળાઈ ૪ ફુટ અને ઉંચાઈ ૮ ફુટ છે. તળાવમાં પાણીની ઉંચાઈ દરવાજાનાં તળીયાંથી ૬ ફુટ છે, તો તે દરવાજા ઉપર કેટલું દબાણ આવશે તે શોધો.

૨૪. નહેરમાં પાણી પૂરૂં પાડવા માટે નદીમાં બાંધેલા પુસ્તાના એક સ્લુસ ગેટની પહોળાઈ ૨૦ ફુટ છે અને ઉંચાઈ ૨૪ ફુટ છે.

સ્લુસ ગેટની ઉપલી ધાર પુસ્તા વડે રોકાયલાં પાણીની સપાટીથી ૧૬ ફુટ નીચે છે, તો આ સ્લુસ ગેટ ઉપર આવતું દબાણ શોધો.

૨૫. એક નહેરના સ્લુસ ગેટની પહોળાઈ ૨૪ ફુટ છે. પાણીની ઊંડાઈ તેની એક બાજુએ ૧૦ ફુટ અને બીજી બાજુએ ૬ ફુટ છે, તો તે સ્લુસ ગેટ ઉપરનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ શોધો.

૨૬. એક પોકળ વાસણ જે ૩૬ ઇંચ લાંબું અને ૮ ઇંચ સમચોરસ છે તેને પાણીમાં એવી રીતે ઉભું ડુબાડ્યું છે કે જેથી તેનું તળીયું જે આડી દિશામાં છે તે પાણીની સપાટીથી ૨૬ ઇંચની ઊંડાઈએ રહે છે, તો તે વાસણનાં તળીયાં ઉપરનું ઉપલી દિશાનું દબાણ શોધો.

૨૭. ૧૮ ઇંચ વ્યાસની એક આડી પાઈપના છેડાને બંધ કરવા માટે ઉભાં સ્થાનમાં ગોઠવેલો એક સ્લુસ વાલ્વ વપરાય છે. સ્લુસ વાલ્વની બહારની સપાટી ઉપર માત્ર વાતાવરણનું દબાણ કાર્ય કરે છે. આ આડી પાઈપને મથાળેથી ૫૪ ફુટની ઉંચાઈએ એક ટાંકી ગોઠવેલી છે. જો આ ટાંકીમાં પાણીની સપાટી તેનાં તળીયાંથી ૫$\frac{1}{2}$ ફુટની ઉંચાઈએ હોય તો તે સ્લુસ વાલ્વ ઉપરનું દબાણ શોધો.

૨૮. એક ખાલી સુકી ગોદીમાં પાણી ડોક ગેટ (પાણી દાખલ કરવા માટેનો દરવાજો)ની સૌથી નીચલી ધાર આગળ છે અને ગેટની બીજી બાજુએ (દરિયાની બાજુએ) પાણીની ઉંચાઈ ગેટની નીચલી ધારથી ૧૫ ફુટ છે. ગેટ ૧૨ ફુટ પહોળો છે, તો તે ઉપરનું દબાણ શોધો. જો ડોકમાં પાણીની ઊંડાઈ ૮ ફુટ હોય, તો ગેટ ઉપર કેટલી હદે દબાણ ઓછું થશે? દરિયાનાં પાણીનું વજન દર ઘનફુટ દીઠ ૬૪ પૌંડ છે.

૨૯. જો પાણીમાં ડુબેલું એક ક્ષેત્ર આડું વર્તુલ હોય, તો દબાણનું મધ્યબિંદુ ક્યાં આગળ કાર્ય કરશે? જો તે ક્ષેત્ર ૧૨ ફુટ પહોળું અને ૯ ફુટ ઉંચું ઉભું ચોખુણ હોય અને તે પાણીમાં એવી રીતે ડુબેલું હોય કે તેની ઉપલી ધાર પાણીની સપાટી બરાબર હોય, તો તે ઉપરનાં દબાણનું મધ્યબિંદુ ક્યાં આગળ આવશે?

૩૦. એક ટાંકીનો આકાર ઉલટાવેલા શંકુના જેવો છે. મથાળાં આગળ તેનો વ્યાસ ૯ ફુટ છે અને લંબ ઉંચાઈ ૬ ફુટ છે. આ ટાંકી તેલથી ભરેલી છે. જો તેલનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ ૦.૮૫ હોય, તો તેમાં સમાયલાં તેલનું વજન શોધો અને તે ટાંકીની વાંકવાળી સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ શોધો. જો આ ટાંકીને ઉલટાવવામાં આવે એટલે તેના ગોળાકાર પાયાને નીચે લાવવામાં આવે અને તેની ટોચ ઉપર આવે, તો તેની વાંકવાળી સપાટી ઉપરનું અને તળીયાં ઉપરનું દબાણ શોધો.

૩૧. પાણીને રોકનારી ૧૮૦ ફુટ લાંબી દીવાલની એક ઉભી બાજુએ પાણીની ઉંડાઈ ૧૨ ફુટ છે, તો તે દીવાલ ઉપર આવતું પાણીનું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ શોધો, અને દીવાલને ઉથલાવી નાંખનારૂં મોમેન્ટ શોધો.

૩૨. જો દાખલા ૩૧માં આપેલી દીવાલનું છેદચિત્ર (section) કાટકોણ ચોખુણ હોય, તેનું વજન દર ઘનફુટ દીઠ ૧૪૦ પોંડ હોય, અને દીવાલની ઉંચાઈ ૧૮ ફુટ હોય, તો દીવાલને ઉથલાવી નાંખનારાં ત્રણગણા મોમેન્ટ જેટલું તેની સામે થનારૂં મોમેન્ટ મેળવવા માટે દીવાલની જાડાઈ કેટલી રાખવી જોઈશે ?

૩૩. એક કાટકોણ ચોખુણાકાર ટાંકી ૬ ફુટ લાંબી અને ૪ ફુટ પહોળી છે અને તેમાં તળીયાંથી ૫ ફુટની ઉંચાઈ સુધી પાણી ભરેલું છે. આ ટાંકીમાં ૨૫૦ પૌંડનાં વજનનું એક ચોખુણ લાકડાંનું ઢીમચું (બ્લોક) જેની લંબાઈ ૩ ફુટ અને પહોળાઈ ૨ ફુટ છે તેને મુકવામાં આવે છે અને તે પાણી ઉપર ઉભું એવી રીતે તરે છે કે તેની બાજુઓ ઉભી રહે છે અને ધાર આડી દિશામાં રહે છે; તો આ ઢીમચું મુકવાથી ટાંકીમાં પાણી કેટલું ઉંચે ચઢશે, અને તે વેળાએ ટાંકીની દરેક બાજુ ઉપર કેટલું દબાણ આવશે ?

૩૪. ટાંકીની એક ઉભી બાજુ જે ૩ ફુટ પહોળી અને ૪ ફુટ ઉંડી છે તે છુટી છે અને તેને તળીયાંની આડી ધાર સાથે મીંજાગરાં વડે જોડી એક આડી દિશામાં આપેલી સાંકળ વડે તેનાં ઉભાં સ્થાને

રાખવામાં આવે છે. સાંકળને આ ખસી શકે એવી બાજુનાં મધ્ય આગળ અને તેને લંબ (કાટખૂણે) બાંધેલી છે. જો ટાંકીમાં પાણીની ઉંડાઈ ૩½ ફુટ હોય, તો સાંકળ ઉપર આવતું ખેંચાણ શોધો.

૩૫. એક પુસ્તા (ડેમ dam)ની ઉંચાઈ ૫૦ ફુટ છે અને તેની અંદરની બાજુ ઉભી છે. જો પાણી પુસ્તાની અંદરની બાજુએ તેની ઉપલી ધારની બરાબર હોય, તો તે પુસ્તાની દર ફુટ લંબાઈ દીઠ તે ઉપર આવતું કુલ દબાણ શોધો, અને વળી જે સ્થાન આગળ આ દબાણ કાર્ય કરતું ધારવામાં આવે તે સ્થાન શોધો.

૩૬. ૯ ઈંચ સમચોરસ અને ૧૪ ઇંચ ઉંચા એક ખાલી પત્રાંના બંધ ડબ્બાને એક ટાંકી જેમાં ૧૨ ઇંચ ઉંડું પાણી ભરેલું છે તેમાં ડુબાડી દેવાનો છે. જો ડબ્બાનું વજન ૨ પૌંડ હોય, તો આ ડબ્બો પાણી ઉપર ઉંચકાઈ ન આવે તે માટે તેની ઉપર કેટલું વજન મુકવું પડશે તે શોધો.

૩૭. એક નળાકાર વાસણ જેનો વ્યાસ ૫ ફુટ છે તેનું વજન ૪ હંડ્રડવેટ છે અને તેમાં એટલી હદે વજન મુકેલું છે જેથી તેનું ગોળાકાર તળીયું પાણીમાં ૮ ફુટની ઉંડાઈએ ડુબેલું છે, તો તે વાસણમાં કેટલું વજન મુકવામાં આવ્યું હશે તે શોધો. વળી જો તે વાસણમાં ૪૫૫૨ પૌંડનું વજન મુકવામાં આવે, તો તેનું તળીયું કેટલી ઉંડાઈએ પાણીમાં ડુબશે ?

૩૮. એક ઘનાકાર પેટી (ક્યુબીકલ બોક્સ) જેની બાજુની લંબાઈ ૩ ફુટ છે તેમાં ૧૨૨૨·૫ પૌંડનું વજન મુકવાથી તે પાણીમાં એવી રીતે તરે છે કે તેનું તળીયું પાણીની સપાટીથી ૨ ફુટ ૪ ઇંચ નીચે રહે છે, તો તે પેટીનું વજન શોધો.

૩૯. એક કાટકોણ ચોખુણાકાર ટાંકી ૪ ફુટ લાંબી, ૩ ફુટ પહોળી, અને ૨ ફુટ ઉંડી છે. જો આ ટાંકી તેલથી ભરેલી હોય, તો તેનાં તળીયાં ઉપરનું દબાણ, એક બાજુ ઉપરનું, અને એક છેડા ઉપરનું દબાણ શોધો. તેલનું વજન દર ઘનફુટ દીઠ ૫૦ પૌંડ છે.

૪૦. એક ટાંકી ૧૦ ફુટ લાંબી છે અને તેનું તળીયું ૪ ફુટ પહોળું છે. ટાંકીના છેડાઓ ઉભા છે અને બન્ને બાજુઓ આડી દિશાને ૪૫°ને ખૂણે ઢળતી છે. ટાંકીમાં પાણીની ઉંડાઈ ૬ ફુટ છે, તો તળીયાં ઉપરનું, એક બાજુ ઉપરનું, અને એક છેડા ઉપરનું દબાણ શોધો.

૪૧. એક ડૉક ગેટ ૬૦ ફુટ પહોળો છે. આ ગેટની એક બાજુએ દરિયાનું પાણી ૨૫ ફુટ ઉંડું છે અને બીજી બાજુએ ૬ ફુટ ઉંડું છે, તો ગેટની દરેક બાજુ ઉપરનાં કુલ દબાણ શોધો, અને વળી ગેટ ઉપર આવતું રીઝલ્ટન્ટ દબાણ શોધો.

૪૨. એક તળાવ (રેઝરવોયર reservoir)ની દીવાલમાં ૪ ફુટ ઉંચું અને ૩ ફુટ પહોળું એક બાકું છે અને તેનાં મથાળાંની ધાર પાણીની સપાટીથી ૨૦ ફુટ નીચે છે, તો આ બાકું બંધ કરનારા દરવાજા ઉપર પાણીનું કેટલું દબાણ આવશે ?

૪૩. એક સ્ટીમરનું વજન ૫૦૦ ટન છે અને તેને નુકશાન થવાથી તે પાણીથી ભરાઈને દરિયાની તળીયે પડેલું છે. સ્ટીમર જે ધાતુની બનેલી છે તેનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ ૭.૮ છે, તો તે સ્ટીમરને પાછી તરતી કરવા માટે તળીયેથી ઉપાડવાને માટે ઉપાડનારી સાંકળે કેટલું ખેંચાણ કરવું જોઈએ તે શોધો.

૪૪. એક કાટકોણ ચોખુણાકાર પોન્ટૂન (વહાણો ઉપર માલ ચઢાવવા ઉતારવા માટેનો તરતો ડક્કો) જે ૧૬૦ ફુટ લાંબું અને ૩૦ ફુટ પહોળું છે તેને દરિયાનાં પાણીમાં ૯ ફુટનો ડ્રાફ્ટ છે એટલે પોન્ટૂનનું ચપટું તળીયું પાણીની સપાટીથી ૯ ફુટ નીચે છે, તો પોન્ટૂનનું વજન શોધો. ધારો કે પોન્ટૂનનું વજન તેજ કાયમ રહે અને પોન્ટૂનને નદીનાં મીઠાં પાણીમાં તરતું રાખવાનું હોય, તો ડ્રાફ્ટ કેટલો હશે ?

૪૫. એક બીડનાં કાસ્તીંગ (ઓતકામ)ને હવામાં તોલતાં તેનું વજન ૫ પૌંડ છે અને જ્યારે તેને પાણીમાં તમામ ડુબાડી તોલવામાં આવ્યું ત્યારે તેનું વજન ૪.૩ પૌંડ માલમ પડયું, તો તેનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ શોધો.

પ્રકરણ ૯મું.

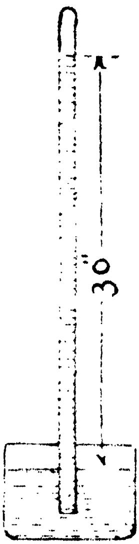
હાઇડ્રોલીકસ એટલે દ્રવ્યશાસ્ત્ર (ચાલુ)

વાતાવરણનું દબાણ. પારાનો બેરોમીટર એટલે વાતમાપક. વોટરગેજ અથવા મેનોમીટર. સાઇફોન. પમ્પ્સ.

વાતાવરણનું દબાણ.—પૃથ્વીની સપાટી આસપાસ હવાનું ઊંડું પડ હોય છે, અને જેમ જેમ આપણે જમીનથી ઉપર ચઢતા જઇયે તેમ તેમ હવા વધુ અને વધુ પાતળી અને હલકી થતી જાય છે. હવાને વજન હોવાથી પૃથ્વીની આસપાસનાં આ હવાનાં પડનો ઊભો સ્થંભ પૃથ્વીની સપાટી ઉપર અને તે સપાટી ઉપર આવેલા સઘળા પદાર્થો ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૪.૭ પોંડ અથવા પૂર્ણ સંખ્યામાં ૧૫ પોંડનું સરેરાશ દબાણ ઉત્પન્ન કરે છે, કારણ કે આપણે જોઇએ છીએ કે વાતાવરણનું દબાણ લગભગ ૩૦ ઇંચના પારાના ઊભા સ્થંભને અથવા ૩૪ ફુટના પાણીના ઊભા સ્થંભને સમતોલ કરશે. આપણી ઉપર પડતાં વાતાવરણનાં આ કુદરતી દબાણથી આપણને કશી અગવડ માલમ પડતી નથી, કારણ કે તે આપણે ખમી શકીએ એવી રીતે ઈશ્વરે આપણને ઘડેલાં છે. જો આપણે જમીનનાં પેટામાં ઊંડાઇએ બનાવેલા માર્ગ એટલે ટનલ (tunnel)માં દાખલ થઇએ અથવા ડુબકી મારવાનાં કપડાં પહેરી દરિયામાં નીચે ઉતરીએ અથવા ઊંડી ખાણમાં નીચે જઇએ ત્યારે આપણાં કાન, આંખ, વિગેરેમાં આપણને ઘણી બેચેન લાગણી લાગે છે: આ લાગણી વાતાવરણનાં જે દબાણે આપણે ટેવાયલા હોઇએ છીએ તેનાં કરતાં દબાણ વધુ થવાને લીધે

થાય છે. અથવા, જો આપણે ઘણા ઉંચા પહાડ ઉપર ચઢીએ અથવા એરોપ્લેનમાં ઘણે ઉંચે હવામાં ચઢીએ ત્યારે આપણને કાંઈક એનેજ મળતી લાગણી થાય છે; આ લાગણી વાતાવરણનું જે દબાણ ખમવાને આપણે ટેવાયલા હોઇએ છીએ તેનાં કરતાં દબાણ ઓછું થવાને લીધે થાય છે.

પારાનો વાતમાપક એટલે બેરોમીટર (Barometer).— વાતાવરણનું દબાણ ઘણું કરીને પારાનાં બેરોમીટર (વાતમાપક) વડે માપવામાં આવે છે. આકૃતિ ૫૯માં સાદો બેરોમીટર બતાવ્યો છે. આ બેરોમીટર એક સરખા વેહની લગભગ ૩૩ ઇંચ લાંબી કાચની ઉભી નળીનો બનેલો છે. આ નળીનો ઉપલો છેડો બંધ કરેલો છે અને તેમાં સંભાળ ભરેલી રીતે હવા રહિત પારો (મર્ક્યુરી) ભરેલો છે. નળીના નીચલા ખુલ્લા છેડાને પારાથી ભરેલા એક ઉઘાડા પ્યાલામાં ડુબાડેલો હોય છે. ઉઘાડા પ્યાલામાંના પારાની સપાટી ઉપર વાતાવરણનું દબાણ કાર્ય કરવાથી પારો નળીના વેહમાં ઉંચે ચઢે છે. નળીમાં પારાની ઉંચાઈ વાતાવરણનાં દબાણનાં સીધાં પ્રમાણમાં ફેરફાર થાય છે, કારણ કે નળીમાંના પારાની ઉપલી સપાટી અને કાચની નળીના બંધ છેડાની વચ્ચે સંપૂર્ણ શૂન્યતા એટલે વેક્યુમ (vacuum) હોય છે.



આ. ૫૯.

દાખલો ૧.—બેરોમીટર વડે દર્શાવવામાં આવતી પારાની ઉંચાઈ ૩૦ ઇંચ છે. પારાનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ ૧૩.૬ છે. તો વાતાવરણનું દબાણ શોધો. વાતાવરણનાં દબાણને ટેકવવા માટે પાણીના સ્થંભની ઉંચાઈ કેટલી જોઈએ તે શોધો.

એક ઘન ઇંચ પારાનું વજન = પારાનું વિશિષ્ટ ગુરુત્વ × સ્વચ્છ પાણીનાં એક ઘન ઇંચનું વજન

= ૧૩.૬ × .૦૩૬ = ૦.૪૯ પૌંડ

ત્યારે એક ઇંચ ઉંચાઇનો પારાનો સ્થંભ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૦.૪૯ પૌંડનું દબાણ દર્શાવે છે.

∴ વાતાવરણનું દબાણ દર્શાવનારા પારાના ૩૦ ઇંચ ઉંચા સ્થંભનું દર ચો ઇંચ દીઠ દબાણ = ૩૦ × ૦.૪૯

= ૧૪.૭ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.

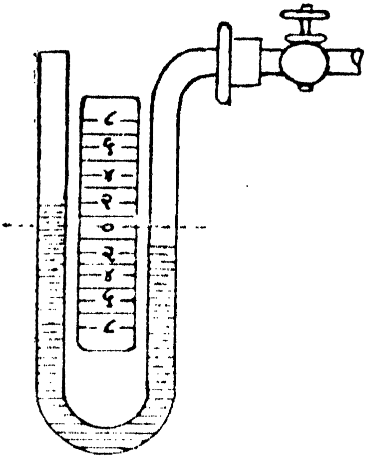
એક ચોરસ ઇંચ ક્ષેત્રફળના એક ઇંચ ઉંચા પાણીના સ્થંભનું વજન = ૦.૦૩૬ પૌંડ છે.

∴ પાણીના સ્થંભની એક ફુટ ઉંચાઈ દીઠ દર ચોરસ ઇંચ ઉપરનું દબાણ = ૦.૦૩૬ × ૧૨ = .૪૩૩ પૌંડ.

∴ ૧૪.૭ પૌંડનાં દબાણને ટેકવવા માટે જોઈતા પાણીના સ્થંભની ઉંચાઈ = $\frac{૧૪.૭}{.૪૩૩}$ = ૩૪ ફુટ

ઓછાં દબાણ અને વેકયુમ માપવા માટેના વોટર ગેજ (Water Gauges).—હવાનાં અને બીજી ગેસો (gases)નાં ઓછાં દબાણો માપવાની એન્જીનીયરોને વારંવાર જરૂર પડે છે. દાખલા તરીકે, કુદરતી અથવા મીકેનીકલ (હસ્તકૃત) ડ્રાફ્ટ વડે બોયલરના ચુલામાં પુરી પાડવામાં આવતી હવાનું દબાણ માપવાની અથવા બોયલરની ચીમણી વડે ઉત્પન્ન થતું વેકયુમ માપવાની અથવા શહેરમાં પુરી પાડવામાં આવતી રોશની આપનારી કોલ ગેસના જથ્થાનું દબાણ માપવાની જરૂર પડે છે. આવા દાખલામાં તેમજ બીજા ઘણા દાખલાઓમાં જ્યાં ઓછાં દબાણો માપવાનાં હોય છે ત્યાં દબાણ અથવા જોરને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ પૌંડમાં અથવા પારાના ઉભા સ્થંભનાં ઇંચમાં માપવામાં આવતું નથી, પણ પાણીના સ્થંભના ઇંચની સંખ્યા જે માપવાનાં દબાણને ટેકવશે અથવા જેને વેકયુમ વાતાવરણનાં દબાણમાંથી ઓછું કરશે તે વડે માપવામાં આવે છે.

ઓછાં દબાણ અને વેકયુમ માપવા માટેનો વોટર ગેજ અથવા મેનોમીટર (Manometer).—ઉપર વર્ણવ્યા પ્રમાણેનાં



આકૃતિ ૬૦

ઓછાં દબાણો માપવા માટે વપરાતું યંત્ર જે આકૃતિ ૬૦માં દેખાડયું છે તેને "મેનોમીટર" કહેવામાં આવે છે. આ મેનોમીટર એક સાદી U (યુ) આકારની વાળેલી કાચની નળીનું બનેલું છે, અને આ નળીના બે ઉભા પગો વચ્ચે એક સ્કેલ પટી (સરખે અંતરે આંકા પાડેલી પટી) આપેલી છે. આ નળીમાં પાણીને એવી રીતે ભરેલું છે કે તેના બન્ને પગોમાં પાણીની સપાટીની ઉંચાઈ એક સરખી રહે છે. જ્યાં આગળ U નળીના બન્ને પગોમાં પાણીની ઉંચાઇ એક લીટીમાં હોય છે ત્યાં આગળ સ્કેલ પટી ઉપર આંકો અથવા કાપો પાડેલો હોય છે. આ કાપા અથવા આંકાને શૂન્ય લીટી અથવા સમતોલપણાની (ઝીરો અથવા ઇક્વીલીબ્રીયમ લાઇન) કહે છે. સ્કેલ પટી ઉપરના આ શૂન્યના કાપાની નીચે અને ઉપર ઇંચના અને એક ઇંચના દશમા ભાગોના કાપા આપેલા હોય છે, જેથી દબાણને અથવા તો વેકયુમને પાણીનાં દબાણનાં ઇંચમાં માપી શકાય છે. જે વાસણ અથવા ખંડમાંનું દબાણ અથવા વેકયુમ માપવું હોય તેની સાથે આ U આકારની નળીનો એક પગ કોક અને સીધી નળી વડે જોડવામાં આવે છે અને બીજો પગ વાતાવરણમાં ખુલ્લો રહે છે. દાખલા તરીકે, U આકારની નળીના કોકવાળા પગને ઘરોમાં રોશની માટે પુરી પાડવામાં આવતી ગેસની પાઇપ સાથે જોડવામાં આવે, ત્યારે પુરી પાડવામાં આવતી ગેસનું દબાણ U નળીના કોકવાળા પગમાંનાં પાણી ઉપર કાર્ય કરે છે અને તે પાણીને નીચે દબાવે છે અને તેજ વેળાએ બીજા ખુલ્લા મ્હોંવાળા પગમાંનું પાણી તેટલાજ પ્રમાણમાં ઉંચે ચઢે છે. બે પગમાંનાં પાણીની સપાટી 'વચ્ચે જેટલા ઇંચનો તફાવત હોય તેટલું પાણીનાં ઇંચમાં દબાણ આવશે, એટલે જો સૂન્ય કાપાથી કોકવાળા

પગમાં ૧½ ઇંચ પાણી નીચે ઉતરે અને ખુલ્લાં મ્હોંવાળા પગમાં ૧½ ઇંચ પાણી ઉપર ચઢે તો બન્ને મળીને પાણીનાં ૩ ઇંચ જેટલું દબાણ થશે. જો U આકારની નળીના કાકવાળા પગને જે વાસણ અથવા ખંડમાં વેક્યુમ હોય તે વાસણ અથવા ખંડ સાથે જોડવામાં આવે, ત્યારે U નળીના ખુલ્લાં મ્હોંવાળા પગમાંનાં પાણી ઉપર વાતાવરણનું દબાણ પડતું હોવાથી તે પગમાંનું દબાણ કાકવાળા પગમાંનાં દબાણ કરતાં વધુ થવાથી કાકવાળા પગમાં પાણી ઉંચે ચઢે છે અને તેજ વેળાએ ખુલ્લાં મ્હોંવાળા પગમાં તેટલાજ પ્રમાણમાં પાણી નીચે ઉતરે છે, અને ઉપર પ્રમાણે વેક્યુમનો જથ્થો સ્કેલ ઉપરથી પાણીના હેડના ઇંચમાં જોઈ શકાય છે. દાખલા તરીકે, જો આ યંત્રને સ્ટીમ બોયલરની ચીમણીનાં તળીયાં સાથે જોડવામાં આવે, ત્યારે ચુલામાંની હલકા ગેસના ચીમણી તરફ ખેંચાઈ આવી ઉપર ચઢવાનાં કાર્યને લીધે ચીમણીમાં થોડું વેક્યુમ ઉત્પન્ન થાય છે જેથી બહારની હવા ચુલા તરફ ખેંચાઈ આવે છે, જેથી કરીને U–નળીના જે પગને ચીમણીનાં તળીયાં સાથે જોડેલો હોય છે તેમાં વાતાવરણ કરતાં દબાણ ઓછું થાય છે, તેથી U–નળીના ખુલ્લાં મ્હોંવાળા પગમાંનાં પાણી ઉપર વાતાવરણનું દબાણ પડતું હોવાથી તેમાંનું પાણી વાતાવરણનાં દબાણને લીધે નીચે ઉતરે છે અને તેજ વેળાએ ચીમણીનાં તળીયાં સાથે જોડેલા પગમાંનું પાણી તેટલાંજ પ્રમાણમાં ઉપર ચઢે છે. આ પ્રમાણે સ્કેલ ઉપર જોતાં સુન્ય કાપાથી જેટલા ઇંચ પાણી ઉપર ચઢયું હોય અને જેટલા ઇંચ પાણી નીચે ઉતર્યું હોય તે બન્નેનો સરવાળો કરવાથી ચીમણીમાંનું વેક્યુમ માલમ પડે છે. આ ગેજને વારંવાર **મેનોમીટર (Manometer)** કહેવામાં આવે છે.

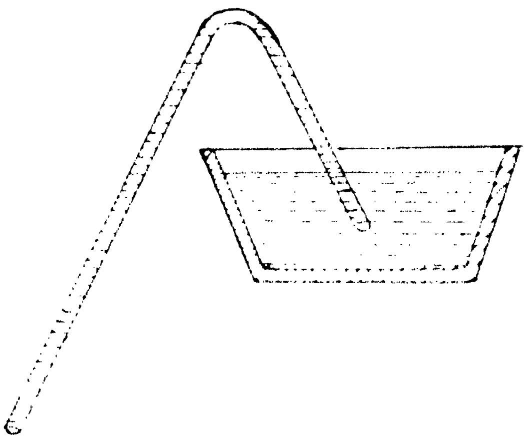
દાખલો ૨.—એક ડ્રાફ્ટ ગેજ અથવા મેનોમીટરમાં ચીમણીનાં તળીયાં સાથે જોડેલા પગમાં પાણીની ઉંચાઈ સુન્યથી ૭/૮ ઇંચ ઉપર છે અને બીજા પગમાં સુન્યથી ૭/૮ ઇંચ નીચે છે, તો તે ચીમણીમાં ડ્રાફ્ટ કેટલો હશે તે પાણીના હેડમાં શોધો. વળી આ હેડને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ દબાણમાં દર્શાવો.

પાણીના હેડના ઇંચમાં ડ્રાફ્ટ $= \frac{૩}{૮} + \frac{૩}{૮} = \frac{૩}{૪}$ ઇંચ.

એક ફુટ પાણીનો હેડ = ·૪૩૩ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.

$\therefore \frac{૩}{૪}$ ઇંચનો પાણીનો હેડ $= \frac{·૭૫ \times ·૪૩૩}{૧૨}$ = ૦·૦૨૭ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ.

સાઇફોન (Siphon).—સાઇફોન એક વાંકી વાળેલી નળી છે જે વાતાવરણની મદદ વડે પ્રવાહીને ઉંચી સપાટીએ ખેંચે છે. આ સાઇફોન મોટાં પીપોમાંથી તેલને અથવા કોઈ બીજાં પ્રવાહીને બહાર કાઢવા માટે તથા જમીન ઉપર બાંધેલી અથવા મુકેલી ટાંકીમાંથી પાણીને બહાર કાઢવા તેમજ એવાંજ બીજાં કામો માટે વપરાય છે. આકૃતિ ૬૧માં સાઇફોન બતાવ્યુ છે. આ વાંકી વાળેલી નળીના બન્ને છેડાનાં મ્હોં ઉઘાડાં હોય છે અને તેનો એક છેડો બીજા છેડા કરતાં વધારે લાંબો હોય છે. સાઇફોનનાં સંતોષકારક કાર્ય માટે નીચલી શરતો હોય છે:—



આકૃતિ ૬૧.

(૧) જે વાસણમાંથી પ્રવાહી બહાર કાઢવાનું છે તેમાંનાં પ્રવાહીની સપાટી સાઇફોનના બહારના છેડા કરતાં ઉંચી રહેવી જોઈએ.

(૨) જે વાસણમાંથી પ્રવાહીને બહાર કાઢવાનું છે તેમાંનાં પ્રવાહીની સપાટીથી સાઇફોનના વાંકનાં મથાળાં સુધીની ઉંચાઈ તે વેળાનું વાતાવરણનું દબાણ દર્શાવતી પાણીની ઉંચાઇથી એટલે ૩૦ ફુટની ઉંચાઇથી વધુ હોવી જોઈએ નહી; વાતાવરણનું દબાણ દર્શાવતી પાણીની ઉંચાઈ લગભગ ૩૪ ફુટ હોય છે, પણ પાઈપની અંદરની

દીવાલ અને પ્રવાહી વચ્ચે ઘર્ષણ થતું હોવાથી ઘર્ષણનો અવરોધ દુર કરવામાં ૩થી ૪ ફુટની બરાબરનું દબાણ વ્યર્થ જાય છે, માટે વધુમાં વધુ ૩૦ ફુટથી વધારે ઉંચાઈ હોવી જોઈએ નહી.

(૩) જે પ્રવાહીને બહાર કાઢવાનું હોય તેમાં ડુબેલો સાઇફ઼ૅાનનો છેડો પ્રવાહીમાંથી ઉઘાડો થવો જોઈએ નહી, પણ પ્રવાહીમાં ચાલુ ડુબેલોજ રહેવો જોઈએ.

સાઇફ઼ૅાનને ચાલુ કરવાની રીત.—પહેલી રીત એ છે કે જે પ્રવાહીને બહાર કાઢવાનું હોય તે પ્રવાહીથી પહેલાં સાઇફ઼ૅાનને ભરવામાં આવે છે, અને પ્રવાહી સાઇફ઼ૅાનમાંથી નીકળી ન જાય તે માટે તેના બન્ને છેડા બંધ કરી સાઇફ઼ૅાનને ઉલટાવી તેનો ટુંકો છેડો જે પ્રવાહીને બહાર કાઢવાનું હોય તેમાં ડુબાડવામાં આવે છે અને ત્યારપછી તેના બન્ને છેડાનાં મ્હોં ખુલ્લાં કરવામાં આવે છે. અથવા, બીજી રીત એ છે કે સાઇફ઼ૅાનને પ્રવાહીથી ભર્યા વિના તેનાં મ્હોં ઉઘાડાં રાખી તેના ટુંકા છેડાને જે પ્રવાહીને બહાર કાઢવાનું હોય તેમાં ડુબાડવામાં આવે છે અને ત્યાર પછી તેના લાંબા છેડામાંથી હવાને ખેંચી કાઢવામાં આવે છે, જેથી સાઇફ઼ૅાનમાં થોડું વેક્યુમ ઉત્પન્ન થાય છે તેથી સાઇફ઼ૅાનના ટુંકા છેડામાં પ્રવાહી ઉપર ચઢી બહાર નીકળવા માંડે છે.

જે નિયમ ઉપર સાઇફ઼ૅાન કાર્ય કરે છે તે નિયમ.—સાઇફ઼ૅાનની નળીમાં વેક્યુમ થતાંજ જે પ્રવાહીને બહાર કાઢવાનું હોય છે તે પ્રવાહીની છુટી સપાટી ઉપર વાતાવરણનું દબાણ કાર્ય કરતું હોવાથી તે પ્રવાહી નળીના ટુંકા છેડા અથવા ભાગમાં ઉંચે ચઢે છે, અને વાંકનું સૌથી ઉંચું બિંદુ પસાર કર્યા પછી તે પ્રવાહી ગુરૂત્વાકર્ષણનાં કાર્યને લીધે સાઇફ઼ૅાનના જે લાંબા છેડામાંથી પ્રવાહી બહાર નીકળે છે તે છેડાની સપાટી અને જે વાસણમાંથી પ્રવાહી બહાર કાઢવાનો હોય તે વાસણમાંની તે પ્રવાહીની છુટી સપાટી વચ્ચેનાં અંતરના તફાવતના વર્ગનાં પ્રમાણ પ્રમાણેની ગતિએ નીચે ઉતરે છે. બહાર

નીકળતો પ્રવાહી હમેશાં સાઇફનનાં વાંક આગળ પાણી ચુસ્ત પીસ્તન તરીકે કાર્ય કરે છે, અને આ પ્રમાણે જ્યાંસુધી સાઇફનના પ્રવેશ માર્ગ (inlet) અને બહાર નીકળવાના માર્ગ (outlet)ની છુટી સપાટીઓ સરખી સપાટીએ એક લીટીમાં આવે (કે જે વેળાએ હેડના અભાવને લીધે સાઇફન કાર્ય કરતો અટકી જાય છે) ત્યાંસુધી તેમાં વેક્યુમ જાળવી રાખે છે, અથવા જ્યારે જે વાસણમાંથી પ્રવાહી બહાર કાઢવાનો હોય તે વાસણમાંની પ્રવાહીની છુટી સપાટીની ઉંચાઈ અને સાઇફનનાં વાંકનાં મથાળાંની ઉંચાઈ વચ્ચેનો તફાવત વાતાવરણથી રેકવી શકાતી ઉંચાઇથી વધી જાય છે ત્યારે વાતાવરણનાં દબાણનાં કાર્યના અભાવને લીધે સાઇફન કામ કરતો અટકી જાય છે.

પમ્પ્સ (Pumps) એટલે બંબાઓ.—પમ્પ વડે કોઈ પણ ઉંડી જગ્યાએથી હવા, પાણી, અથવા કોઈ પણ પ્રવાહીને ખેંચી બહાર કાઢી શકાય છે. પમ્પ જે પાઇપમાંથી થઈને હવા, પાણી, અથવા બીજાં પ્રવાહીને ઉપર ખેંચે છે તે પાઇપને "સકશન પાઇપ" (suction pipe) કહેવામાં આવે છે, અને જે પાઇપને રસ્તે હવા, પાણી, અથવા બીજાં પ્રવાહીને બહાર કાઢે છે તે પાઇપને "ડીલીવરી પાઇપ" (delievery pipe) અથવા "ડીસ્ચાર્જ પાઇપ" (discharge pipe) કહે છે. શરૂઆતમાં પમ્પ સકશન પાઇપમાંથી હવા બહાર કાઢી નાંખી તેમાં વેક્યુમ ઉત્પન્ન કરે છે, જેથી સકશન પાઇપ જે પાણીમાં ડુબેલો હોય છે તે પાણીની છુટી સપાટી ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૪.૭ પૌંડ (પૂર્ણ સંખ્યામાં ૧૫ પૌંડ)નું દબાણ પડતું હોવાથી પાણી સકશન પાઇપમાં ઉપર ચઢી પમ્પને ભરી નાંખે છે, અને ત્યારપછી પમ્પમાંથી તે બહાર નીકળે છે.

પમ્પ વધુમાં વધુ જેટલી ઉંડાઇએથી પાણી ખેંચી શકે છે તે વિષે.—પમ્પ વધુમાં વધુ જેટલી ઉંડાઈએથી પાણી ખેંચી શકે છે તે તે જગ્યાનાં વાતાવરણનાં દબાણ ઉપર આધાર રાખે છે. આપણે આગળ શીખી ગયા છીએ કે દરિયાની સપાટીએ વાતાવરણનું

દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૪·૭ પૌંડ હોય છે, અને ઉંચી જગ્યાએ ઉપર વાતાવરણનું દબાણ આ કરતાં ઓછું હોય છે. વળી આપણે આગળ શીખી ગયા છીએ કે એક ચોરસ ઇંચ ક્ષેત્રફળવાળા અને ૨·૩૦૮ ફુટ ઉંચા પાણીના સ્થંભનું વજન ૧ પૌંડ થાય છે. માટે ૨·૩૦૮ ફુટ ઉંચાઈનો પાણીનો સ્થંભ તેનાં તળીયાં ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧ પૌંડનાં વાતાવરણનાં દબાણને સમતોલ કરશે. માટે, દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૪·૭ પૌંડનાં વાતાવરણનાં દબાણને સમતોલ કરવા માટે જોઈતી પાણીના સ્થંભની ઉંચાઈ = ૧૪·૭ × ૨·૩૦૮ = ૩૦ ફુટ છે. તેટલા માટે જો પમ્પનાં સકશન પાઈપની ઉંચાઈ ૩૪ ફુટ હોય, તો તેમાં સમાયલું પાણી ૧૪·૭ પૌંડનાં વાતાવરણનાં દબાણને સમતોલ કરશે. પણ જો સકશન પાઈપમાં સમાયલાં પાણીનું વજન ૧૪·૭ પૌંડ કરતાં સહેજ ઓછું હશે તોજ વાતાવરણનું દબાણ જે પાણીમાં સકશન પાઈપ ડુબેલો હોય છે તે પાણીની સપાટી ઉપર કાર્ય કરી પાણીને ઉંચકી પમ્પમાં મોકલી શકશે. ત્યારે થીઅરી પ્રમાણે પમ્પ વધુમાં વધુ ૩૪ ફુટની ઉંડાઈએથી પાણી ખેંચી શકે છે. પણ વ્યવહારમાં માલમ પડ્યું છે કે સાધારણ પમ્પો ૩૪ ફુટની ઉંડાઈએથી પાણી ખેંચી શકતા નથી, કારણ કે સકશન પાઈપમાંના પાણીનું વજન વાતાવરણનાં દબાણ કરતાં ઓછું હોય તોજ તે પાણીને વાતાવરણનું દબાણ ઉંચે ચઢાવી શકે છે. જ્યારે પમ્પમાં વેક્યુમ થાય છે ત્યારે બહારનું વાતાવરણનું દબાણ સકશન પાઈપમાં પાણીને દબાવી આપો ઉંચે ચઢાવે છે, ત્યારે પાણી પાઈપમાં ઉંચે ચઢતાં પાઈપની અંદરની દીવાલ અને પાણી વચ્ચે ઘર્ષણ થાય છે, જેથી પાણીને દબાવીને ઉંચે ચઢાવવાનું વાતાવરણનું કેટલુંક જોર વ્યર્થ જાય છે, માટે પમ્પ વધુમાં વધુ ૨૫થી ૨૭ ફુટની ઉંડાઈએથીજ પાણી ખેંચી શકે છે. વળી જ્યારે પાણી ગરમ હોય છે ત્યારે એથી પણ ઓછી ઉંડાઈએથી પમ્પ પાણી ખેંચી શકે છે, કારણ કે ગરમ પાણીમાંથી નીકળતી બાષ્પને લીધે પમ્પમાં વેક્યુમ ઓછું થાય છે. તેજ પ્રમાણે દરિયાની સપાટીથી

ઉંચી જગ્યાઓમાં ત્યાંનાં હવાનાં દબાણનાં પ્રમાણમાં પમ્પ ઓછી ઉંડાઈએથી પાણી ખેંચી શકે છે.

પમ્પને બે મુખ્ય વર્ગોમાં વહેંચી શકાય, જેમકે, (૧) આમતેમ ચાલતા પમ્પ (Reciprocating Pumps), અને (૨) રોટરી પમ્પ (Rotary Pumps).

રેસીપ્રોકેટીંગ પમ્પ એટલે આમતેમ ચાલતા પમ્પ.—જે પમ્પમાં બકેટ, પ્લન્જર, અથવા પીસ્તન આગળ પાછળ અથવા ઉપર નીચે ચાલી કાર્ય કરે છે તેવા પમ્પને "રેસીપ્રોકેટીંગ પમ્પ" કહેવામાં આવે છે.

રોટરી પમ્પ.—જે પમ્પમાં પાંખીઆંવાળાં ચક્કર (impeller wheel) ધરી ઉપર ગોળ ફરી કાર્ય કરે છે, તેવા પમ્પને "રોટરી પમ્પ" કહેવામાં આવે છે.

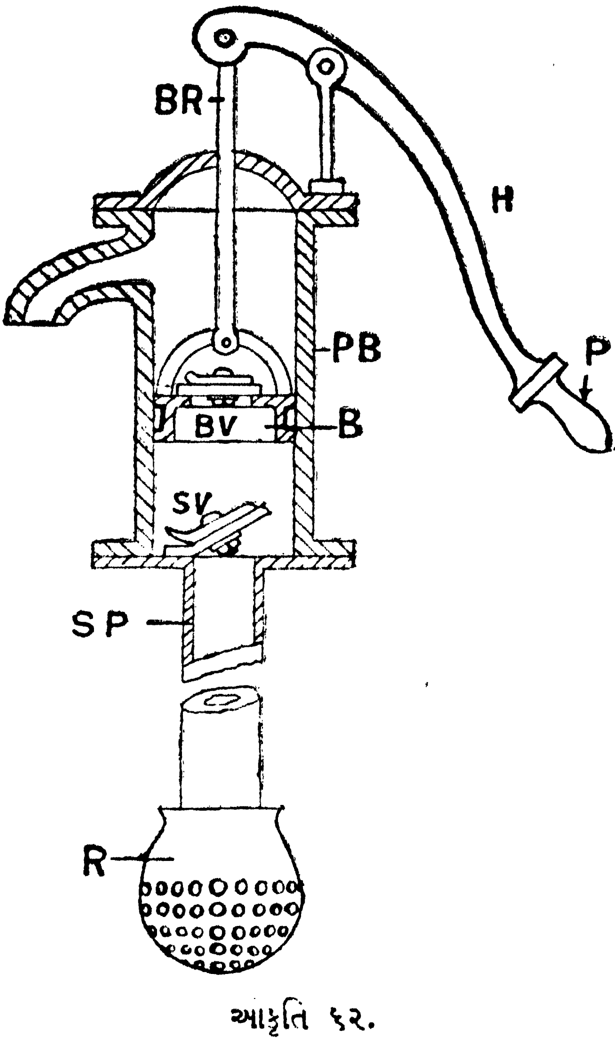
રેસીપ્રોકેટીંગ એટલે આમતેમ ચાલતા પમ્પ.—આ જાતના પમ્પને બે વર્ગોમાં વહેંચી શકાય, જેમકે, સકશન અથવા લીફ્ટ પમ્પ (Suction or lift pump), અને ફોર્સ પમ્પ (Force pump).

સીંગલ-એકટીંગ પમ્પ (Single-acting pump).—જે પમ્પ એક સ્ટ્રોકે પાણી ખેંચી બીજે સ્ટ્રોકે પાણીને બહાર કાઢે છે તેને "સીંગલ-એકટીંગ પમ્પ" કહે છે.

ડબલ-એકટીંગ પમ્પ (Double-acting pump).—જે પમ્પ દરેક સ્ટ્રોકે પાણી ખેંચી દરેક સ્ટ્રોકે પાણીને બહાર કાઢે છે તેને ડબલ-એકટીંગ પમ્પ કહે છે.

સકશન અથવા લીફ્ટ પમ્પ.—સકશન અથવા લીફ્ટ પમ્પ હમેશાં સીંગલ-એકટીંગ પમ્પ હોય છે એટલે એ પમ્પ એક સ્ટ્રોકે પાણી ખેંચી બીજે સ્ટ્રોકે પાણીને બહાર કાઢે છે. આકૃતિ ૬૨માં સાધારણ સકશન અથવા લીફ્ટ પમ્પ બતાવ્યો છે. આ પમ્પ પાણીને માત્ર ખેંચી બહાર કાઢી નાંખે છે, પણ પાણીને જોરથી દાબીને ઉંચે

ચઢાવી શકતો નથી. તે એક બીડ અથવા પીતળનાં નળાકાર ભુંગળાં એટલે બેરલ (barrel) PBનો બનેલો છે, જે બેરલનાં તળીયાં સાથે



આકૃતિ ૬૨.

સકશન પાઈપ SP જોડેલી હોય છે. સકશન પાઈપ SPનો ઉપલો છેડો પમ્પ બેરલનાં તળીયાં સાથે જોડેલો હોય છે, અને નીચલા છેડાને જે કુવા, તળાવ, વિગેરેમાંથી પાણી ખેંચી બહાર કાઢવાનું હોય તેમાનાં

પાણીમાં ડુબેલો રાખવામાં આવે છે. આ નીચલા છેડા ઉપર એક છિદ્રોવાળી જાળી (સ્ટ્રેનર Strainer) R બેસાડેલી હોય છે. સકશન પાઈપને નીચલે છેડે છિદ્રોવાળી જાળી (સ્ટ્રેનર) R બેસાડવાની મતલબ પમ્પમાં સકશન પાઈપ મારફતે પાણી સાથે કચરો દાખલ થતો અટકાવવાની છે. જો સકશન પાઈપના પાણીમાં ડુબેલા છેડા ઉપર છિદ્રોવાળી જાળી બેસાડવામાં ન આવે તો કુવા, તળાવ, વિગેરેનાં પાણીમાં જે કાંઈ કચરો હોય તે પાણી સાથે સકશન પાઈપમાં ચઢી પમ્પના વાલ્વને હરકત કરશે અને બગાડી નાંખશે. જ્યાં આગળ બેરલનાં તળીયાં સાથે સકશન પાઈપનું જોડાણ કરવામાં આવે છે ત્યાં આગળ બેરલ તરફ ઉઘડતો એક સકશન વાલ્વ અથવા ક્લેક (Clack) SV (જે વાલ્વને રસ્તે પાણી સકશન પાઈપમાંથી પમ્પનાં બેરલમાં દાખલ થાય છે તેને સકશન વાલ્વ કહે છે) બેસાડેલો છે. આ સકશન વાલ્વ ચપટો ચાંમડાંનો બનાવેલો હોય છે અને ચાંમડાંને ધાતુની પ્લેટ વડે અક્કડ બનાવી તેને મીંજાગરાં ઉપર જોડેલો હોય છે. પમ્પનાં બેરલ PBમાં પોકળ પીસ્તનના આકારનો એક હવા ચુસ્ત બકેટ (bucket) B આપેલો છે. આ બકેટ સાથે એક ઉભો બકેટ–રોડ BR જોડેલો છે જેના ઉપલા છેડાને હાથા H સાથે જોડેલો છે. હાથા Hને છેડે જોર P લાગુ પાડી બકેટ Bને પમ્પ બેરલમાં ઉપર નીચે ચલાવવામાં આવે છે. બકેટ Bને મથાળે મધ્યમાં એક વેહ આપી તે ઉપર ઉપલી તરફ ખુલતો ક્લેક (clack) વાલ્વ અથવા બકેટ વાલ્વ BV બેસાડેલો છે. આ બકેટ વાલ્વ પણ સકશન વાલ્વના જેવો ચાંમડાંનો બનાવી તે ચાંમડાંને ધાતુની પ્લેટ વડે અક્કડ બનાવી તેને મીંજાગરાં ઉપર જોડેલો હોય છે. સકશન વાલ્વ અને બકેટ વાલ્વને વારંવાર ચાંમડાંને બદલે ઈન્ડીઆ રબરના ચંદા (ડીસ્ક)ના પણ બનાવવામાં આવે છે. બકેટને કોઈ કોઈ વાર ચાંમડાંની પેકીંગ વડે અથવા કોઈ કોઈ વાર બકેટના પરિઘને ફરતે આપેલા ગાળામાં સણનું દોરડું લપેટીને હવા ચુસ્ત બનાવવામાં આવે છે.

સકશન અથવા લીફ્ટ પમ્પનું કાર્ય.—ધારો કે પમ્પનાં બેરલ અને સકશન પાઇપમાં કુવાનાં પાણીની સપાટી સુધી હવા ભરેલી છે અને બકેટ પોતાના નીચલા સ્ટ્રોકને છેડે છે. હવે પમ્પના હાથાને નીચે દબાવવાથી બકેટ ઉપલા સ્ટ્રોકના છેડા સુધી ઉંચે ચઢે છે, તેથી પમ્પ–બેરલમાં ઘેરાયલી હવા પ્રસરણ પામી બકેટની નીચે થોડું વેક્યુમ ઉત્પન્ન થાય છે, તેટલા માટે સકશન પાઇપમાંની હવા સકશન વાલ્વને ઉઘાડી પ્રસરણ પામે છે અને બેરલનાં વધારાનાં વોલ્યુમને ભરી નાંખે છે. પરિણામે બોઇલિના નિયમ (બોઇલ્સ લૉ) પ્રમાણે તેનાં વોલ્યુમના વધારાનાં ઉલટા પ્રમાણમાં તેનું દબાણ ઘટે છે. આ પ્રમાણે હવાનું દબાણ બેરલ અને સકશન પાઇપમાં ઓછું થવાથી કુવાનાં પાણીની સપાટી ઉપર પડતું વાતાવરણનું દબાણ પાણીના ચોક્કસ જથ્થાને સકશન પાઇપની ઉપર જ્યાં સુધી પાણીના આ સ્થંભનું વજન અને તે પાણીના સ્થંભ અને બકેટ વાલ્વની વચ્ચેનું હવાનું દબાણ બહારનાં વાતાવરણનાં દબાણને સમતોલ કરે ત્યાં સુધી દબાવીને ઉપર ચઢાવે છે. હવે હાથાને ઉપર ઉંચકી બકેટને બેરલને તળીયે નીચે દબાવતાં બેરલમાંની હવા દબાય છે, જેથી બકેટ વાલ્વ BV ઉઘડે છે અને સકશન વાલ્વ SV બંધ થાય છે, તેથી બેરલમાંની દબાયલી હવા બકેટ વાલ્વમાંથી થઇને બહાર વાતાવરણમાં નીકળી જાય છે. આ પ્રમાણે બકેટને કેટલીક વાર ઉપર નીચે ચલાવવાથી સકશન પાઇપ અને પમ્પ-બેરલમાંની હવાનું દબાણ ધીમે ધીમે ઘટી નષ્ટ થશે અને ત્યારે પાણી સકશન પાઇપમાં છેક ઉપર ચઢી પમ્પ–બેરલને ભરી નાંખશે. હવે જ્યારે બકેટ નીચે ઉતરવા માંડે છે ત્યારે પમ્પ બેરલમાંનું પાણી દબાવાથી બકેટ વાલ્વને ઉઘાડી બકેટની ઉપલી બાજુએ આવે છે. આ દરમ્યાન પાણીનાં દબાણને લીધે સકશન વાલ્વ દબાઇને બંધ રહે છે. હવે જ્યારે બકેટ ઉપર ચઢવા માંડે છે ત્યારે બકેટ ઉપરનું પાણી પોતાનાં વજનને લીધે બકેટ વાલ્વને દબાવી બંધ રાખે છે, જેથી બકેટનાં ઉંચકાવા સાથે બેરલમાંનું

પાણી પણ ઉપર ઉંચકાય છે અને નાળચાં (સ્પાઉટ spout) Sમાંથી બહાર નીકળે છે, અને તેજ વેળાએ જો કુવામાંનાં પાણીની સપાટીથી બકેટ જેટલી ઉંચાઈએ ઉંચકાય તે ઉંચાઈ ૩૪ ફુટથી ઓછી હશે તો બકેટનાં ઉપર ઉચકાવા સાથે બીજું નવું પાણી પમ્પનાં બેરલમાં ભરાતું જાય છે, તેટલા માટે બકેટના દરેક ઉપલા સ્ટ્રોકે પમ્પનાં બેરલનાં ઘનમાપ અથવા કદ જેટલું પાણી પમ્પમાંથી બહાર નીકળતું જાય છે. પમ્પનાં બેરલમાં પાણી ભરાય તે માટે સક્શન વાલ્વ SV કુવાનાં પાણીની સપાટીથી થીઅરી પ્રમાણે ૩૪ ફુટથી વધારે ઉંચાઇએ હોવો જોઇએ નહી, પણ આગળ સમજાવ્યું છે તેમ વ્યવહારમાં ખરેખર રીતે કુવાનાં પાણીની સપાટીથી બકેટના ઉપલા સ્ટ્રોકનું મથાળું ૨૫થી ૨૭ ફુટ કરતાં વધારે હોવું જોઇએ નહીં.

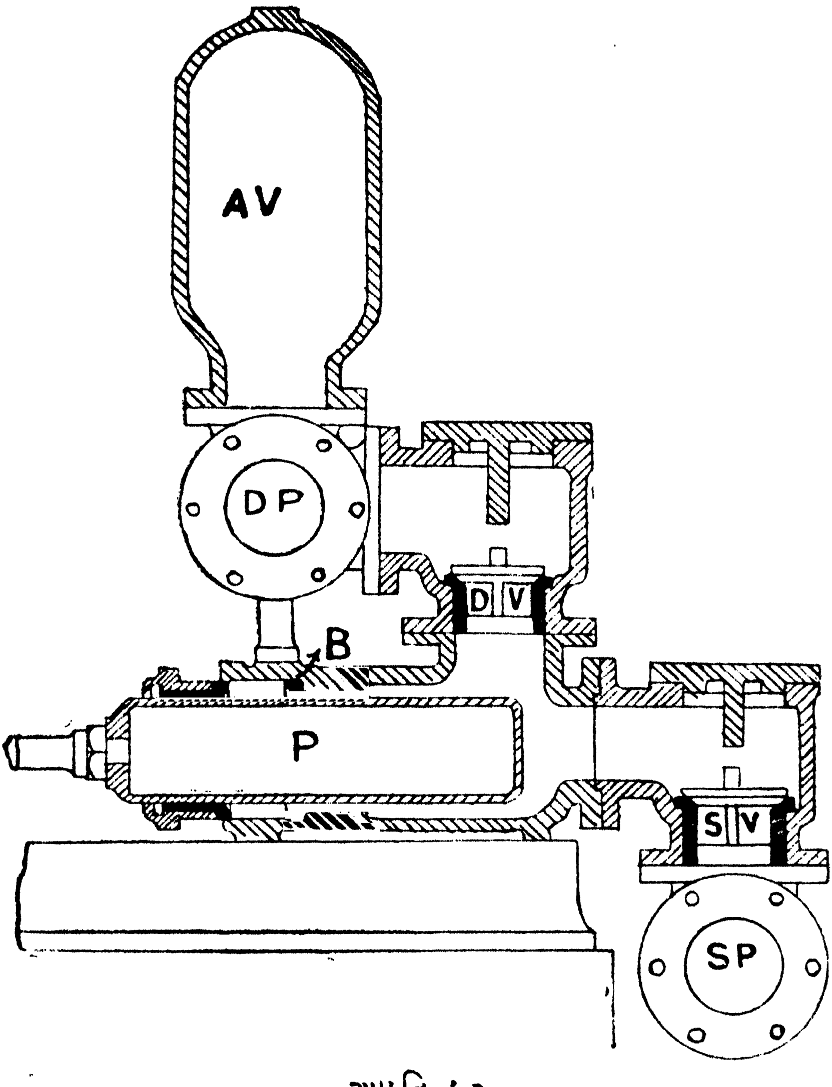
જ્યારે લાંબો વખત સુધી ઘણા મોટા જથ્થામાં પાણીને ઉપાડી બહાર કાઢવું હોય ત્યારે બકેટ રોડને હાથાને બદલે ક્રેંક શાફ્ટ અને તે ઉપર બેસાડેલી પુલી અને પટાની મદદ વડે ચલાવવામાં આવે છે. આ પાવર લીફ્ટ પમ્પમાં સકશન વાલ્વ ચામડાં અથવા ઇન્ડીઆ રબરના બનાવેલા હોય છે, અને બકેટને હવા ચુસ્ત બનાવવા માટે ચામડાંની પેકીંગ આપવામાં આવે છે, પણ બકેટ વાલ્વ ચામડાં અથવા રબરને બદલે પીત્તળનો બનાવી તેની સીટ ઉપર બરાબર ચુસ્ત બેસે તે માટે ઘસીને (ગ્રાઇન્ડ કરીને) બેસાડેલો છે.

સ્ટીમ એન્જીનના કન્ડેન્સર (condenser)માંથી હવા, બાષ્પ, પાણી, વિગેરે બહાર કાઢી નાંખવા માટે ઘણે ભાગે લીફ્ટ પમ્પ વપરાય છે, જેને એર પમ્પ (air pump) કહેવામાં આવે છે. એમાં પમ્પનાં બેરલને મથાળેથી ઢાંકણ વડે બંધ કરવામાં આવે છે અને તે ઢાંકણમાં વેહો આપી તે ઉપર રબરના ચંદાના આકારના વાલ્વ ઢાંકેલા હોય છે જે વાલ્વને હેડ વાલ્વ અથવા ડીસ્ચાર્જ વાલ્વ કહે છે. બકેટના ઉપલા સ્ટ્રોક દરમ્યાન પાણી બકેટ સાથે ઉંચકાઇ હેડ વાલ્વને ઉપલી બાજુએ ઉંચાડી પમ્પને મથાળે આપેલાં એક બીજાં

વાસણુ જેને હોટ વેલ (hot-well) કહે છે તેમાં થઇને બહાર નીકળી જાય છે. એર પમ્પમાં સકશન વાલ્વ અથવા ફુટ વાલ્વ (foot valve), અને બકેટ વાલ્વ પણુ રબરના ચંદાના આકારના હોય છે. આવી જાતના રબરના વાલ્વને " બટરફ્લાઈ વાલ્વ " પણુ કહેવામાં આવે છે. આ વાલ્વો નોન-રીટર્ન વાલ્વની જાતના હોય છે, કારણુ કે આ માંહેલા કોઈ પણુ વાલ્વની ઉપલી બાજુએ પાણી એકવાર ગયા પછી તે પાછું નીચલી તરફ આવી શકતું નથી.

ફોર્સ પમ્પ (Force Pump).—જે પમ્પ પાણીને ઉંડાઇએથી ખેંચી જોરથી દબાવીને ઉંચે ચઢાવે છે તેને " ફોર્સ પમ્પ " કહે છે. ફોર્સ પમ્પ બે જાતના હોય છે, જેવા કે, (૧) સીંગલ-એકટીંગ ફોર્સ પમ્પ, અને (૨) ડબલ-એકટીંગ ફોર્સ પમ્પ.

સીંગલ-એકટીંગ ફોર્સ પમ્પ.—આ જાતનો પમ્પ એક સ્ટ્રોકે પાણીને ઉંડાઈએથી ખેંચે છે અને બીજે સ્ટ્રોકે તે પાણીને જોરથી દબાવી જોઈતી ઉંચાઇએ ઉપર ચઢાવે છે. સીંગલ-એકટીંગ ફોર્સ પમ્પમાં બકેટને બદલે રેમ (ram) અથવા પ્લન્જર (plunger) વપરાય છે; તેથી સીંગલ-એકટીંગ ફોર્સ પમ્પને પ્લન્જર-પમ્પ પણ કહેવામાં આવે છે. જે પીસ્તનની લંબાઈ તેના વ્યાસ કરતાં ઘણી વધારે હોય તેને રેમ અથવા પ્લન્જર કહે છે. આકૃતિ ૬૩માં સીંગલ એકટીંગ ફોર્સ પમ્પ બતાવ્યો છે. એમાં B બેરલ છે જેના ઉપલા અથવા બહારના છેડા ઉપર એક હવા ચુસ્ત (એર-ટાઈટ) સ્ટફીંગ બોકસ અને ગ્લેંડ (stuffing box અને gland) આપેલો છે, જેમાંથી રેમ અથવા પ્લન્જર P ઉપર નીચે અથવા આગળ પાછળ પમ્પનાં બેરલમાં આવજાવ કરે છે. S V સકશન વાલ્વ છે અને D V ડીલીવરી વાલ્વ છે. જે બોકસમાં સકશન વાલ્વ S V આપેલો છે તે બોકસ સાથે જોડવામાં આવેલી પાઈપ સકશન પાઈપ S P છે, અને આ પાઈપનો નીચલો છેડો જે પાણીને પમ્પ વડે દબાવીને ઉંચે



આકૃતિ ૬૩

ચઢાવવાનું હોય તે પાણીમાં ડુબાડેલો હોય છે. ડીલીવરી વાલ્વ D Vના બોક્સ સાથે જોડેલી પાઈપ ડીલીવરી પાઈપ D P છે, જેમાંથી થઈને પાણીને ઉંચે ગોઠવેલી ટાંકીમાં ચઢાવવામાં આવે છે અથવા કોઈ બીજાં વાસણમાં દબાણ સાથે મોકલવામાં આવે છે.

સીંગલ-એકટીંગ ફોર્સ પમ્પનું કાર્ય.—ધારો કે પમ્પનાં બેરલમાં રેમ અથવા પ્લન્જર P નીચલા અથવા અંદરના સ્ટ્રોકને છેડે છે. અને પમ્પનો અંદરનો સઘળો ભાગ તથા સકશન પાઈપ હવાથી ભરેલાં છે. જ્યારે રેમ અથવા પ્લન્જર P ઉપર ચઢે છે અથવા બહાર નીકળે છે, ત્યારે પમ્પમાંની હવા પ્રસરણ પામવાથી સકશન વાલ્વ S V ઉપરનું દબાણ ઓછું થશે અને સકશન પાઈપમાંની હવા સકશન વાલ્વ S Vને ઉપલી તરફ ઉઘાડી બેરલમાં દાખલ થશે. ત્યારે હવે સકશન પાઇપમાંની હવા ઓછી થવાથી તે પ્રસરણ પામશે અને સકશન પાઈપમાં હવાનું દબાણ આગળ કરતાં ઓછું થશે; જેથી કરીને જે પાણીને પમ્પ કરવાનું છે તેની બહારની સપાટી ઉપર પડતું વાતા-વરણનું દબાણ તે પાણીને સકશન પાઈપમાં દબાવીને એટલી ઉંચાઇએ ચઢાવશે કે જેથી સકશન પાઇપમાંની હવા અને પાણીના સ્થંભનું દબાણ બહારનાં વાતાવરણનાં દબાણને સમતોલ કરે. હવે જ્યારે રેમ અથવા પ્લન્જર નીચે ઉતરશે અથવા અંદર જશે ત્યારે પમ્પનાં બેરલમાંની હવા દબાય છે જેથી તે દબાયલી હવા ડીલીવરી વાલ્વ D Vને ઉપલી તરફ ઉઘાડી તેમાંથી બહાર નીકળી જશે. આ વેળાએ સકશન વાલ્વ S V ઉપર દબાણ આવતું હોવાથી તે બંધ રહે છે. રેમ અથવા પ્લન્જર Pના દરેક સ્ટ્રોક વેળાએ આ પ્રમાણેની ક્રિયા ચાલુ રહે છે જેથી જ્યાં સુધી સકશન પાઈપ અને બેરલ પાણીથી ભરાઈ જાય ત્યાં સુધી સકશન પાઈપમાં પાણી ઉંચે ચઢશે. હવે જ્યારે પ્લન્જર નીચે ઉતરશે અથવા અંદર જશે ત્યારે પમ્પનાં બેરલમાં પાણી દબાવાથી હવાને બદલે પાણી ડીલીવરી વાલ્વ D Vને ઉઘાડી તેમાંથી જોર સાથે ડીલીવરી પાઈપને રસ્તે બહાર નીકળશે.

સીંગલ-એકટીંગ ફોર્સ પમ્પ રેમ અથવા પ્લન્જરના ઉપલા અથવા બહારના સ્ટ્રોકે પાણી ખેંચે છે, અને નીચલા અથવા અંદરના સ્ટ્રોકે પાણી જોરથી દબાવીને બહાર કાઢે છે, જેથી આ પમ્પ પોતાની ડીલીવરી પાઈપમાંથી પાણીનો ચાલુ પ્રવાહ બહાર કાઢતો નથી, પણ

તેમાંથી પાણી આંતરે આંતરે બહાર નીકળે છે, અને પમ્પમાં આંચકા અને અવાજ થાય છે. ડીલીવરી પાઈપમાંથી પાણીનો ચાલુ પ્રવાહ બહાર નીકળે તે માટે આ જાતના પમ્પના ડીલીવરી ચેમ્બર (ખંડ) ઉપર અથવા ડીલીવરી ચેમ્બરની નજદીક ડીલીવરી પાઈપ ઉપર એર વેસલ (air vessel) બેસાડવામાં આવે છે. આકૃતિ ૬૩માં સીંગલ એકટીંગ ફોર્સ પમ્પ ઉપર બેસાડેલું એર વેસલ A V બતાવ્યું છે.

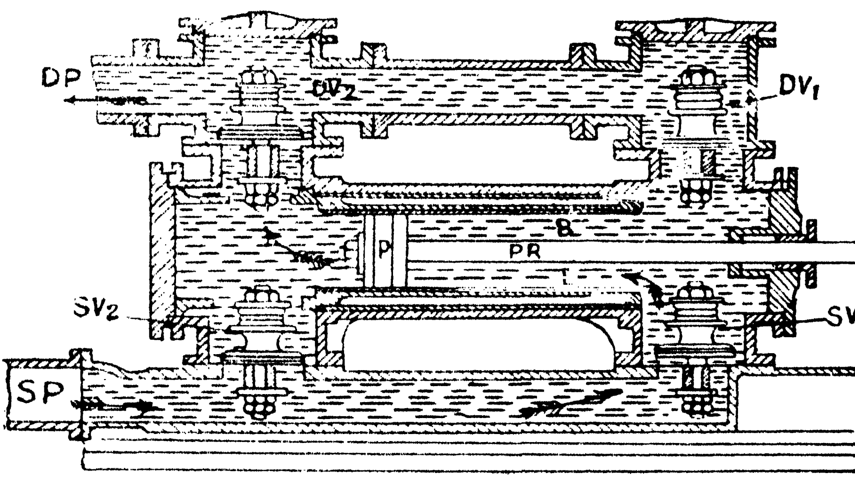
એર વેસલનું કાર્ય.—રેમ અથવા પ્લન્જર Pના નીચલા અથવા અંદરના સ્ટ્રોક દરમ્યાન બેરલમાંથી જે પાણી દબાઇને જોરથી બહાર નીકળે છે તે પાણીનો કેટલોક જથ્થો ડીલીવરી પાઈપની ઉપર ચઢી જે જગ્યાએ પાણીને બહાર કાઢવું હોય ત્યાં પડે છે, અને તે પાણીનો બાકીનો જથ્થો એર વેસલમાં જાય છે અને જેથી એર વેસલ A Vમાંની હવાને દબાવે છે. રેમ અથવા પ્લન્જરના ઉપલા અથવા બહારના સ્ટ્રોક દરમ્યાન એર વેસલમાંની દબાયલી હવા તેમાં ભરાયલાં પાણીના બાકીના જથ્થાને દબાવી ડીલીવરી પાઇપમાંથી બહાર કાઢે છે. આ પ્રમાણે રેમ અથવા પ્લન્જરના બન્ને સ્ટ્રોક દરમ્યાન ડીલીવરી પાઇપમાંથી પાણીનો ચાલુ પ્રવાહ બહાર નીકળ્યા કરે છે, અને આગળ કરતાં પમ્પમાં ઓછા આંચકા અને અવાજ થાય છે. જ્યાં શાંત અને સરળ કાર્ય જોઇતું હોય ત્યાં પમ્પની સકશન પાઇપ ઉપર પણ એર વેસલ મુકવામાં આવે છે. પમ્પની સકશન બાજુ ઉપર સકશન પાઈપમાંનાં પાણીને વાતાવરણનાં દબાણનાં કાર્યને આધિન પમ્પનાં બેરલમાં દાખલ કરવાને અને બેરલમાં જે જગ્યા બકેટ અથવા પ્લન્જરે છોડેલી હોય તે જગ્યા સંપૂર્ણ રીતે ભરી નાંખવાને માટે પાણીને પુરતી ગતિ મેળવતાં વખત લાગે છે; અને જ્યારે સકશન પાઇપ લાંબી હોય છે, અથવા જ્યારે પમ્પની ઝડપ વધારે હોય ત્યારે સકશન સ્ટ્રોક દરમ્યાન પમ્પનાં બેરલમાં દાખલ થતું પાણી તે બેરલને ભરી નાંખવાને પુરતું હોઈ શકે નહી. વળી સકશન સ્ટ્રોકને અંતે સકશન વાલ્વ એકાએક બંધ થાય છે, અને સકશન

પાઈપમાંનું પાણી વહેતું એકાએક અટકી જાય છે, તેથી સકશન પાઇપ ઉપર આંચકો આવે છે. આ ખામીઓ દુર કરવા માટે સકશન વાલ્વની નજદીક સકશન પાઈપ ઉપર એક એર વેસલ અથવા વેકયુમ ચેમ્બર મુકવામાં આવે છે. આ એર વેસલ અથવા વેકયુમ ચેમ્બરમાંથી હવા બીલકુલ દુર કરેલી હોતી નથી. જ્યારે સકશન પાઈપમાં પાણી વિશ્રામ સ્થિતિએ હોય છે ત્યારે આ એરવેસલ અથવા વેકયુમ ચેમ્બરમાંની હવાનું દબાણ અને સકશન પાઈપમાંના પાણીના હેડને લીધેનું દબાણ મળીને વાતાવરણનાં દબાણની બરાબર થાય છે. સકશન પાઈપ ઉપર એર વેસલ મુકવાથી સકશન પાઈપમાં પાણી આંતરે આંતરે વહેવાને બદલે ચાલુ વહેયા કરે છે અને પમ્પનું બેરલ અધુરૂં નહી રહેતાં દરેક સ્ટ્રોકે આખું ભરાયા કરે છે, જેથી પમ્પની કામ કરવાની શક્તિ એટલે એફીશીયન્સી વધે છે. ડીલીવરી પાઈપ ઉપરનાં એર વેસલનું કદ પમ્પનાં બેરલનાં કદથી ચારથી છગણું રાખવામાં આવે છે, અને સકશન પાઈપ ઉપરનાં એર વેસલનું કદ એથી ત્રણ ગણું રાખવામાં આવે છે.

બકેટ પ્લન્જર પમ્પ.—આ જાતનો પમ્પ એર વેસલ વિના પાણીનો ચાલુ પ્રવાહ બહાર કાઢી શકે છે. આ પમ્પ ઉભો હોય છે. એ પમ્પનાં બેરલમાં સાધારણ બકેટ વાલ્વ સાથનો બકેટ આપેલો છે અને તેની સાથે બકેટનાં ક્ષેત્રફળ કરતાં અર્ધાં ક્ષેત્રફળવાળો એક જાડો રોડ (સળીયો) જોડેલો હોય છે જે પ્લન્જર તરીકે કાર્ય કરે છે. આ પ્લન્જર બેરલને મથાળે આપેલા હવા ચુસ્ત સ્ટફીંગ બોક્સ અને ગ્લાન્ડમાંથી ઉપર નીચે આવજા કરે છે. જ્યારે બકેટ પ્લન્જર સાથે નીચે ઉતરે છે ત્યારે બકેટની નીચલી બાજુએ પમ્પમાં ભરાયલું પાણી બકેટ વાલ્વને ઉપલી દિશામાં ઉઘાડી બકેટની ઉપલી બાજુએ ચઢે છે. પણ બકેટ ઉપર મધ્યમાં મોટા વ્યાસનો પ્લન્જર હોવાથી બકેટની નીચેનું સઘળું પાણી બકેટની ઉપલી બાજુએ સમાઇ શકતું ન હોવાથી જેમ જેમ બકેટ નીચે ઉતરતો જાય છે તેમ તેમ લગભગ અર્ધું

પાણી પમ્પમાંથી ઉભરાઇને ડીલીવરી પાઇપની ઉપર ચઢી બહાર નીકળી જાય છે. જ્યારે બકેટ નીચલા સ્ટ્રોકને અંતે પહોંચે છે ત્યારે બકેટની ઉપલી બાજુએ બેરલમાં પ્લન્જરની આસપાસની જગ્યામાં બાકીનું અર્ધું પાણી ભરાયલું હોય છે. જ્યારે બકેટ ઉપર ચઢવા માંડે છે ત્યારે આ પાણી બકેટ સાથે ઉપર ઉંચકાઇને ડીલીવરી વાલ્વને ઉઘાડી ડીલીવરી પાઈપમાં ચઢી બહાર નીકળી જાય છે. આ જાતનો પમ્પ બન્ને સ્ટ્રોક દરમ્યાન પાણીનો ચાલુ પ્રવાહ બહાર કાઢે છે. આ જાતના પમ્પને **ડીફરેન્શીઅલ પમ્પ (Differential Pump)** પણ કહે છે.

ડબલ એકટીંગ ફોર્સ પમ્પ.—આ જાતના પમ્પમાં પમ્પનાં બેરલને દરેક છેડે એકેક સકશન વાલ્વ અને એકેક ડીલીવરી વાલ્વ આપવામાં આવે છે, અને આ પમ્પ દરેક સ્ટ્રોકે પાણી ખેંચે છે અને જોરથી દબાવીને બહાર કાઢે છે. આકૃતિ ૬૪માં ડબલ-એકટીંગ ફોર્સ પમ્પ



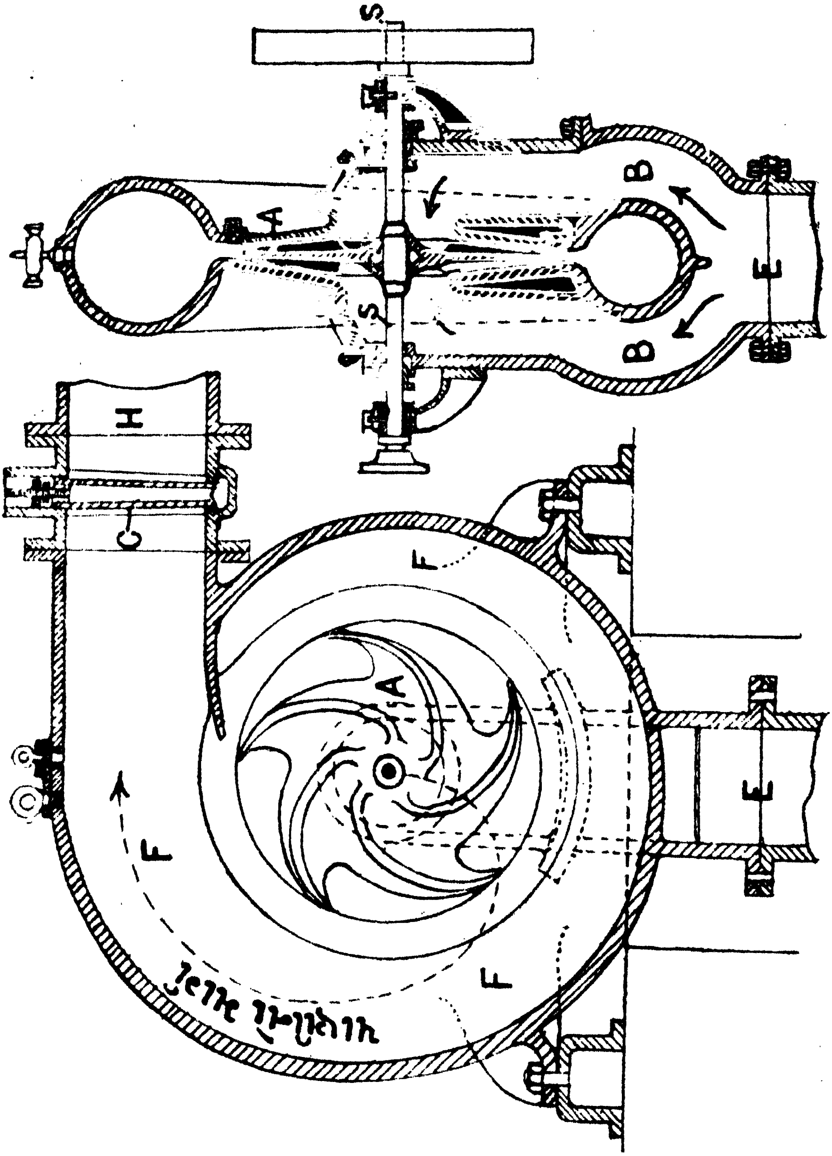
આકૃતિ ૬૪.

બતાવ્યો છે. એમાં B પમ્પ-બેરલ છે જેમાં એક પીસ્તન P આમતેમ ચાલે છે. પીસ્તન Pને પાણી અને હવા ચુસ્ત બનાવેલો

હોય છે. પીસ્તન Pના બહારના સ્ટ્રોક દરમ્યાન પમ્પ સકશન પાઈપ SP અને સકશન વાલ્વ SV_2માંથી થઈને પાણીને બેરલ Bમાં ખેંચે છે અને તેજ વેળાએ પીસ્તન તેની આગલી તરફના ભાગમાં આવેલાં પાણીને જોરથી દબાવી ડીલીવરી વાલ્વ DV_1માંથી થઇને ડીલીવરી પાઈપ DPમાં ઉંચે ચઢાવી બહાર કાઢે છે. પીસ્તનના અંદરના સ્ટ્રોક દરમ્યાન પમ્પ સકશન પાઈપ SP અને સકશન વાલ્વ SV_1માંથી થઈને પાણીને બેરલ Bમાં ખેંચે છે અને તેજ વેળાએ પીસ્તન તેની પાછલી તરફના ભાગમાં આવેલાં પાણીને જોરથી દબાવી ડીલીવરી વાલ્વ DV_2માંથી થઈને ડીલીવરી પાઈપ DPમાં ઉંચે ચઢાવી બહાર કાઢે છે. આકૃતિમાં તીરની દિશા વડે પાણીના માર્ગ બતાવ્યા છે.

રોટરી પમ્પ.—આ જાતના પમ્પને બે વર્ગોમાં વહેંચી શકાય, જેમકે, સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ, અને ટર્બાઈન પમ્પ.

સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ (Centrifugal Pump).—સાધારણ જાતનો સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ પાંખીઆંઓ સાથનાં એક ચક્કર જેને ઇમ્પેલર વ્હીલ (impeller wheel) કહે છે તેનો બનેલો છે. આ ઇમ્પેલર વ્હીલ એક મધ્યની ધરી ઉપર બેસાડેલું છે અને તે એક બીડનાં ખોખાં એટલે કેસીંગમાં તેની ધરી ઉપર ગોળ ફરે છે. જ્યારે આ પમ્પ પાણીથી પુરેપુરો ભરેલો હોય ત્યારે ફરતું ઇમ્પેલર વ્હીલ (પાંખીઆંવાળું ચક્કર) પાણીને પોતાની સાથે ગોળ ફેરવે છે તેથી ફરતાં પાણીમાં ઉન્મધ્યપ્રેરક બળ (સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ) ઉત્પન્ન થાય છે. ફરતાં પાણીનું આ ઉન્મધ્યપ્રેરક બળ પાણીને ઇમ્પેલર વ્હીલનાં મધ્યબિંદુથી તેના પરિઘ તરફ ફેંકી ડીલીવરી પાઈપમાં ઉપર ચઢાવી બહાર કાઢી નાંખે છે. ઉન્મધ્યપ્રેરક બળને લીધે ઇમ્પેલર વ્હીલનાં મધ્ય આગળનું સઘળું પાણી પરિઘ તરફ ફેંકાઈ જતું હોવાથી ઇમ્પેલર વ્હીલનાં મધ્ય આગળનાં ખંડમાં વેક્યુમ ઉત્પન્ન થાય છે, અને આ ખંડ સાથે સકશન પાઈપનું જોડાણ કરેલું હોવાથી જે પાણીમાં સકશન પાઇપનો નીચલો છેડો ડુબેલો હોય છે તે પાણી



આકૃતિ ૬૫.

સકશન પાઈપમાંથી થઈ ને ઈમ્પેલર વ્હીલનાં મધ્ય આગળ ખેંચાઈ

આવે છે અને કેસીંગમાંથી વ્હીલના પરિધ તરફથી ડીલીવરી પાઇપ મારફતે તે બહાર નીકળી જાય છે. સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ કેટલેક અંશે એક ઉલટાવેલું વેાટર ટરબાઇન (Water Turbine) છે.

આકૃતિ ૬૫માં સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ બતાવ્યેા છે. એમાં A ઇમ્પેલર વ્હીલ છે. મીઠાં પાણી માટેના પમ્પમાં આ વ્હીલને બીડનું બનાવવામાં આવે છે, અને ખારાં પાણી માટેના પમ્પમાં તેને ગન-મેટલનું બનાવવામાં આવે છે. આ ઇમ્પેલર વ્હીલ Aને સ્ટીલ અથવા બ્રોંઝ (કાંસા)ની શાફ્ટ S ઉપર ચાવીથી સજ્જડ કરેલું હેાય છે. આ શાફ્ટ કેસીંગમાં આપેલી વ્હાઇટ મેટલની અથવા ગનમેટલની બેરીંગમાં ફરે છે. શાફ્ટ S જે બાજુએથી કેસીંગમાંથી બહાર નીકળે છે તે બાજુએ શાફ્ટને પાણા ચુસ્ત અને હવા ચુસ્ત બનાવવા માટે એક સ્ટફીંગ બેાકસ અને ગ્લેન્ડ આપેલાં છે. પમ્પનાં કેસીંગ સાથે E આગળ જોડેલી સકશન પાઇપમાંથી પાણી દાખલ થાય છે અને ઇમ્પેલર વ્હીલ Aની બન્ને બાજુએથી પસાર થઇ વ્હીલની ધરીની આસપાસના મધ્ય ખંડમાં દાખલ થાય છે. આ પાણી ઇમ્પેલર વ્હીલમાંથી પસાર થઇ પ્રસરણ પમાડનારા ખંડ (એકસ્પાન્ડીંગ ચેમ્બર) Fમાં આવે છે, અને ત્યાંથી પમ્પનાં કેસીંગ સાથે H આગળ જોડેલી ડીલીવરી પાઇપમાં ઉપર ચઢી બહાર નીકળી જાય છે. પમ્પમાંથી પાણી બહાર નીકળવાના માર્ગ અને ડીલીવરી પાઇપની વચ્ચે એક સ્લુસ વાલ્વ C આપેલેા છે. એકસ્પાન્ડીંગ ચેમ્બર F જે વેાલ્યુટ (volute ભમરીના આકારના વિંટા)ના આકારની પાઇપ જેવેા છે અને જેમાં ઇમ્પેલર વ્હીલમાંથી આવતું પાણી એકઠું થાય છે તેનેા વ્યાસ બહાર નીકળવાના માર્ગ તરફ આપેલા વખતમાં તેમાંથી પસાર થતાં પાણીના જથ્થાનાં પ્રમાણમાં મેાટેા થતેા જાય છે, જેથી વેાલ્યુટના આકારના ખંડમાં પાણાની સરેરાશ ગતિનેા વેગ એક સરખેા રહે છે. વેાલ્યુટના આકારના ખંડ બનાવવાની મતલબ ઇમ્પેલર વ્હીલમાંથી પાણી પસાર થયા પછી તેની ગતિનેા વેગ ધીમે ધીમે ઘટાડવાની છે, કે જેથી તે ચાલતાં પાણીમાંની

વેગીય શક્તિ એટલે કાઇનેટીક એનર્જીના કેટલાક ભાગનું દબાણુની શક્તિ (પ્રેશ્યોર એનર્જી)માં રૂપાંતર થાય છે, જેથી પાણી ઘણે દુર ફેંકી શકાય છે અથવા ઉંચે ચઢાવી શકાય છે.

સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પને ખાલી ચલાવવાથી તે કાંઈ વેકયુમ ઉત્પન્ન કરતો નથી અને પાણી ખેંચી શકતો નથી, માટે આ પમ્પની સકશન પાઇપના નીચલા છેડા ઉપર એક ફુટ વાલ્વ (જે નોન–રીટર્ન વાલ્વની જાતનો હોય છે તે) હમેશાં મુકવોજ જોઇએ, અને પમ્પને ચાલુ કરવા અગાઉ તે ઉપર પાણી ભરવા માટે ખાસ આપેલા પ્રાઈમીંગ કોક મારફતે તેમાં પાણી ભરવું જોઈએ. પાણી ભર્યા પછી પમ્પ ચાલુ કરતાં તે પાણી પમ્પનાં ઇમ્પેલર વ્હીલને વળગીને વ્હીલની સાથે ગોળ ફરવાથી પાણીનો જથ્થો ઇમ્પેલર વ્હીલની ધરીથી દુર ઉડી જઈ પમ્પનાં વોલ્યુટ આકારનાં કેસીંગને લાગે છે, જેથી ઇમ્પેલર વ્હીલની ધરીની આસપાસના મધ્ય ખંડમાં વેકયુમ ઉત્પન્ન થાય છે અને સકશન પાઇપમાંથી થઇને પમ્પમાં પાણી ઉપર ખેંચાવું ચાલુ થાય છે. આ પમ્પની સકશન પાઇપમાં બનતાં સુધી કશા પણ વાંક આપવા જોઇએ નહી. કેટલાક મોટા કદના સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પો સાથે સ્ટીમ ઇજેકટર આપવામાં આવે છે, જેમાં પમ્પ ચાલુ કરવા અગાઉ વરાળ છોડવાથી પમ્પમાંની હવા બહાર કાઢી નાંખી વેકયુમ ઉત્પન્ન કરે છે, જેથી પમ્પમાં પાણી ઉપર ખેંચાઇ આવી પમ્પ ચાલુ થાય છે, અને પમ્પમાં શરૂઆતમાં પાણી ભરવું પડતું નથી. આ પમ્પના પાણીને બહાર નીકળવાના માર્ગની નજદીક ડીલીવરી પાઇપ ઉપર એક સ્લુસ વાલ્વ આપવો એ વધારે સારૂં છે. પમ્પને ચાલુ કરતી વેળાએ આ સ્લુસ વાલ્વ બંધ રાખવામાં આવે છે, અને પમ્પે બરાબર ચાલ મેળવ્યા પછી સ્લુસ વાલ્વ ધીમે ધીમે ખોલવામાં આવે છે, જેથી પાણીનો ચાલુ પ્રવાહ ધીમે ધીમે ડીલીવરી પાઇપમાંથી બહાર નીકળવા માંડે છે. આમ કરવાથી પમ્પને ચાલુ કરતી વેળા તે ઉપર એકદમ લોડ આવતો નથી અને પમ્પ શાંત રીતે ચાલુ થાય છે. પમ્પને

ચાલતો બંધ કરવાની અગાઉ સ્લુસ વાલ્વ ધીમે ધીમે બંધ કરવામાં આવે છે, જેથી પમ્પ પાણી ખેંચવાનું છોડી દે છે, અને પમ્પ ઉપરનો લોડ ધીમે ધીમે ઘટી જાય છે, અને ત્યાર પછી પમ્પને બંધ કરવામાં આવે છે.

રેસીપ્રોકેટીંગ ફોર્સ પમ્પ અને સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ વચ્ચે સરખામણી.—પ્લન્જર અથવા પીસ્તનવાળા પમ્પમાં જો પમ્પની ઝડપ ઓછી વધતી કરવામાં આવે તો પાણીના હેડ (ઉંચાઇ)માં અથવા દબાણમાં કશો ફેરફાર થતો નથી, પણ તેની ઝડપ ઓછી કરવાથી બહાર નીકળતાં પાણીનો જથ્થો ઓછો થાય છે. જો પાણીના હેડ એટલે ઉંચાઇને ઘટાડવામાં આવે અને પમ્પની ઝડપ આગળ જેટલીજ રહેવા દેવામાં આવે, તો બહાર નીકળતાં પાણીના જથ્થામાં કશો ફેરફાર થતો નથી. પણ સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પમાં પાણીની ઉંચાઇ એટલે હેડ તે પમ્પની ઝડપનાં પ્રમાણમાં હોય છે. જો સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પની ઝડપ ઓછી કરવામાં આવે તો પાણી ઓછી ઉંચાઇએ ચઢશે. આ જાતના પમ્પો પાણીની અમુક ઉંચાઈ અને અમુક જથ્થા માટેજ ખાસ બનાવેલા હોય છે, અને તેમાં ફેરફાર કરી શકાતો નથી. આ પમ્પ જેટલી ઉંચાઇએ પાણી ચઢાવવા માટે બનાવેલો હોય તે ઉંચાઇ કાયમ રાખી તેની ઝડપ ઓછી કરવામાં આવે તો પાણી જોઇતી ઉંચાઇએ ચઢશે નહી. જો પાણીની નક્કી કરેલી ઉંચાઇ ઓછી કરી પમ્પને તેની નક્કી કરેલી ઝડપે ચલાવવામાં આવે તો બહાર નીકળતાં પાણીનો જથ્થો ઘણો વધશે. સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પની ડીલીવરી પાઇપ ઉપર આપેલા સ્લુસ વાલ્વને બંધ કરવાથી તે પમ્પ પાણી ખેંચવાનું છોડી દે છે, તેથી પમ્પ ફાટી જવાની કશી પણ ધાસ્તી રહેતી નથી. પણ જો પ્લન્જર અથવા પીસ્તનવાળો પમ્પ ચાલતો હોય ત્યારે તેની ડીલીવરી પાઇપ ઉપર આપેલો કોઇ પણ વાલ્વ બંધ કરવામાં આવે અથવા ડીલીવરી પાઇપ કચરા, વિગેરેથી બંધ થઇ જાય તો તે પમ્પ ઉપર અતિશય જોર આવી પમ્પ બેરલ અથવા ડીલીવરી પાઇપ ફાટી

જાય છે. આ કારણે પ્લન્જર અથવા પીસ્તનવાળા પમ્પમાં ડીલીવરી પાઇપ ઉપર એક રીલીફ વાલ્વ (relief valve) આપવામાં આવે છે. જ્યાં પાણી મોટા જથ્થામાં ઉંચે ચઢાવવાનું હોય ત્યાં આગળ સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ વધારે અનુકુળ છે; તેમજ જ્યાં પાણી કચરાવાળું અથવા માટી, રેતી, વિગેરેથી ભેળાયલું હોય ત્યાં સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ વધારે અનુકુળ છે; કારણકે એમાં કશા પણ વાલ્વ અને સાંકડા માર્ગો હોતા નથી.

સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પને જેમ બને તેમ પાણીની નજદીક બેસાડવો જોઇએ કે જેથી તેને ઘણી ઉંડાઇએથી પાણી ખેંચવું પડે નહી. આ પમ્પમાં જેમ સકશન પાઇપ ટુંકો અને ડીલીવરી પાઇપ ઉંચો હોય તેમ પમ્પ વધારે પાણી બહાર કાઢી શકે છે. આ પમ્પની સકશન પાઇપ ૧૫ ફુટ કરતાં વધુ લાંબી રાખવી જોઈએ નહી.

સાદા સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ ૨૦ થી ૩૦ ફુટ કરતાં વધુ ઉંચાઇએ પાણી ચઢાવી શકતા નથી, અને જો ઉંચાઇ વધારવામાં આવે તો પમ્પની કામ કરવાની શક્તિ એટલે એફીશીઅન્સી ઓછી થઇ જાય છે.

ટર્બાઇન પમ્પ (Turbine Pump).—સાદા સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ ૨૦ થી ૩૦ ફુટ કરતાં વધુ ઉંચાઇએ પાણી ચઢાવી શકતા નથી, અને જો ઉંચાઈ વધારવામાં આવે તો પમ્પની કામ કરવાની શકિત એટલે એફીશીઅન્સી ઓછી થઇ જાય છે. આ મુશકેલી દુર કરવા માટે હાલમાં ટર્બાઇન પમ્પ બનાવવામાં આવે છે. સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પનાં ઇમ્પેલર વ્હીલની આસપાસના ખંડ (chamber)માં માર્ગ દર્શાવનારા માર્ગો અનુકુળ રીતે યોજી પુરા પાડવાથી જેતુંજ ઇમ્પેલર વ્હીલમાંથી પાણી પસાર થઇ જાય છે કે તુરતજ તે પાણીની કાઇનેટીક એનર્જીના મોટા ભાગનું દબાણની શક્તિમાં રૂપાંતર કરી શકાય. ત્યારે સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ “ ટર્બાઇન પમ્પ ” બને છે. એક ઇમ્પેલર વ્હીલવાળો ટર્બાઇન પમ્પ સાધારણ સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પ કરતાં ઘણી વધારે ઉંચાઇએ પાણી ચઢાવશે.

ટર્બાઇન પમ્પના બે વર્ગો હોય છે, જેવા કે (૧) સીંગલ-સ્ટેજ (single-stage) ટર્બાઇન પમ્પ, અને (૨) મલ્ટીપ્લ-સ્ટેજ (multiple-stage) ટર્બાઇન પમ્પ.

સીંગલ-સ્ટેજ ટર્બાઇન પમ્પ.—આ જાતના પમ્પમાં એકજ ઇમ્પેલર વ્હીલ હોય છે. અને સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પમાં ઇમ્પેલર વ્હીલની ફરતે જે વોલ્યુટ આકારનો ખંડ આપવામાં આવે છે, તેને બદલે ટર્બાઇન પમ્પમાં ઇમ્પેલર વ્હીલની આસપાસ માર્ગ દર્શાવનારાં પાંખીઆં સાથનો ખંડ (ચેમ્બર) આપવામાં આવે છે. આ પમ્પ ૬૦ ફુટ સુધીની ઉંચાઇએ પાણી ચઢાવી શકે છે.

મલ્ટીપ્લ-સ્ટેજ ટર્બાઇન પમ્પ.—સીંગલ-ઇમ્પેલર પમ્પ વડે જેટલી ઉંચાઇએ પાણીને ચઢાવી શકાય છે તે ઉંચાઇને તેની ઝડપ અને સપાટીનાં ઘર્ષણનો વિચાર કરતાં હદ આવી જાય છે, અને જ્યારે પાણી ઘણી વધારે ઉંચાઇએ ચઢાવવાનું હોય ત્યારે બે ઇમ્પેલર વ્હીલોને તેઓ એક હાર (series)માં કાર્ય કરે એવી રીતે જોડવાની જરૂર હોય છે. એમ માની લઇએ કે સીંગલ-ઇમ્પેલર ટર્બાઇન પમ્પ તદન તેનીજ બરાબરના બીજા ટર્બાઇનિ પમ્પના પાણી દાખલ થવાના માર્ગમાં પાણીને દબાણ સાથે આપે છે (ડીલીવર કરે છે). આ બીજો પમ્પ જે પાણી તેનાં ઇમ્પેલર વ્હીલમાં દબાણ સાથે દાખલ થાય છે તે ઉપર કામ કરશે, અને બીજા પમ્પના પાણી બહાર નીકળવાના માર્ગ આગળથી જે દબાણ સાથે પાણી બહાર નીકળશે તે દબાણ એક પમ્પ વડે ઉત્પન્ન કરેલાં દબાણથી બમણું થશે. એ તો સ્પષ્ટ થશે કે બે પમ્પો વાપરવાને બદલે એક હાર (series)માં જોડેલાં બે ઇમ્પેલર વ્હીલો સાથનો એક પમ્પ યોજી શકાય, જેથી પહેલાં ઇમ્પેલર વ્હીલ વડે આપેલું (ડીસ્ચાર્જ કરેલું) પાણી બીજાં ઇમ્પેલર વ્હીલમાં જાય છે, અને પરિણામે પાણીનો જે હેડ મળે છે તે સીંગલ ઇમ્પેલર વ્હીલ વડે મળતા હેડથી બમણો છે. આ પ્રમાણે એક હાર (series)માં જોડેલાં બે અથવા વધુ ઇમ્પેલર વ્હીલો

સાથના બનાવેલા પમ્પને "મલ્ટીપ્લ-સ્ટેજ ટર્બાઈન પમ્પ" કહેવામાં આવે છે.

મલ્ટીપ્લ-સ્ટેજ પમ્પોને એક હાર (series)માં જોડેલાં વધુમાં વધુ દશ ઈમ્પેલર વ્હીલો સાથના બનાવવામાં આવે છે, અને જ્યાં ઈમ્પેલર વ્હીલની આ સૌથી વધુ સંખ્યા વડે આપેલી ઝડપે પાણીનું જોઈતું દબાણ મળી શકતું ન હોય ત્યાં સાધારણ રીતે એકજ બેડ પ્લેટ ઉપર બે પમ્પોને જોડી તેમની વચ્ચે પમ્પોને ચલાવનારી મોટર અથવા એન્જીન જોડવામાં આવે છે. આ બે પમ્પોને એકજ હાર (series)માં જોડવામાં આવે છે જેથી પરિણામે બહાર નીકળતાં પાણીનું જે દબાણ મળે છે તે એક હાર (series)માં જોડેલાં વીસ ઇમ્પેલર વ્હીલો વડે મળતાં દબાણની બરાબર થશે. એટલે જો એક ઈમ્પેલર વ્હીલ સાથનો ટર્બાઈન પમ્પ પાણીની ૬૦ ફુટની ઉંચાઈ (હેડ) જેટલું દબાણ ઉત્પન્ન કરે છે, તો તેવીજ જાતનાં દશ ઈમ્પેલર વ્હીલો સાથનો પમ્પ પાણીની ૬૦ × ૧૦ = ૬૦૦ ફુટની ઉંચાઈ (હેડ) જેટલું દબાણ ઉત્પન્ન કરશે. મોટા ટર્બાઇન પમ્પોમાં દરેક ઇમ્પેલર વ્હીલ પાણીના ૬૦થી ૧૦૦ ફુટની ઉંચાઈ (હેડ) જેટલું દબાણ ઉત્પન્ન કરે છે.

ટર્બાઈન પમ્પો કાર્ય કરવામાં તદન સાદા હોય છે, અને તેઓ નિયમિત ઝડપે ચાલુ ચાલ્યા કરી પાણીનો નિયમિત જથ્થો પુરો પાડી શકે છે. એમાં પમ્પ અને ડીલીવરી પાઈપ ઉપર કશા પણ આંચકા આવતા નથી. વળી ટર્બાઈન પમ્પો સૌથી ઓછા ઘસારા સાથે કોઈ પણ હેડે કચરાવાળાં પાણીને ઉંચે ચઢાવી શકે છે.

સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પની માફક ટર્બાઇન પમ્પની સકશન પાઈપ જેમ બને તેમ ટુંકી રાખવી જોઇએ, અને પાઇપમાંનું ઘર્ષણ ધ્યાનમાં લેતાં સકશન પાઈપ ૧૫ ફુટથી વધુ લાંબી રાખવી જોઇએ નહીં. ટર્બાઈન પમ્પ ઉપર આપેલા સકશન માર્ગ કરતાં સકશન પાઈપ કદી પણ નાની હોવી જોઇએ નહિ. જો સકશન પાઈપ લાંબી હોય તો

તે વધારે મોટા કદની લેવી જોઇએ. સકશન પાઈપમાં જેમ બને તેમ ઘણા ઓછા વાંકો આવે એમ ગોઠવવી જોઇએ, અને તેના સાંધા તદન હવા ચુસ્ત (એર ટાઈટ) હોવા જોઇએ. સકશન પાઈપમાં હવા ઘેરાઈ ન રહે તે માટે તેના આડી દિશામાં આવતા ભાગને એવી રીતે ઢાળ પડતી ગોઠવવી જોઇએ કે તે ધીમે ધીમે પમ્પ તરફ ઉંચે ચઢે. સકશન પાઈપનો જે છેડો ઉપાડવાનાં પાણીમાં ડુબેલો હોય છે તે છેડા ઉપર એક ફુટ વાલ્વ અને જાળી (સ્ટ્રેનર) બેસાડવાં જોઇએ, અને તે છેડો કુવા અથવા તળાવનાં તળીયાં અને બાજુઓથી છુટો હોવો જોઇએ.

સેન્ટ્રીફ્યુગલ અને ટર્બાઇન પમ્પનાં કદ તેઓની સકશન અને ડીલીવરી પાઇપોના વ્યાસ ઉપરથી કહેવામાં આવે છે; જેમકે ૪ ઇંચનો પમ્પ એટલે ૪ ઇંચ વ્યાસની સકશન અને ડીલીવરી પાઇપવાળો પમ્પ.

દાખલો ૩.—એક લીફ્ટ પમ્પના બકેટનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે. જો કુવામાંનાં પાણીની સપાટીથી ૨૦ ફુટની ઉંચાઇએ પાણીને ઉપાડી બહાર કાઢવાનું હોય, તો બકેટના ઉપલા સ્ટ્રોક દરમ્યાન બકેટના રોડ ઉપર કેટલું ખેંચાણ આવશે?

ઉપલા સ્ટ્રોક દરમ્યાન બકેટ રોડ ઉપરનું ખેંચાણ = બકેટનાં ક્ષેત્રફળ જેટલાં ક્ષેત્રફળવાળા અને પાણીને જેટલી ઉંચાઇએ ઉપાડવાનું હોય તેટલી ઉંચાઈના પાણીના સ્થંભનું વજન = બકેટનું ક્ષેત્રફળ ચો. ફુટમાં × ઉંચાઈ ફુટમાં × ૬૨.૫.

∴ બકેટ રોડ ઉપરનું ખેંચાણ = .૫ × .૫ × .૭૮૫૪ × ૨૦ × ૬૨.૫

= <u>૨૪૫.૪૩૭૫ પૌંડ.</u>

દાખલો ૪.—નક્કર પ્લન્જર સાથના એક ફોર્સ પમ્પમાં પ્લન્જરનો વ્યાસ ૨½ ઇંચ છે, અને તેને ૨ ઇંચના થ્રોવાળી એક એકસેન્ટ્રીક વડે ચલાવવામાં આવે છે. જે શાફ્ટ ઉપર એકસેન્ટ્રીકને ચાવીથી સજ્જડ કરેલી છે તે દર મીનીટે ૩૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, તો તે પમ્પ ૫ મીનીટમાં કેટલા ઘન ઇંચ અને કેટલા ગેલન પાણીને બહાર કાઢશે?

પ્લન્જરવાળા ફોર્સ પમ્પ હમેશાં સીંગલ-એકટીંગ હોય છે, માટે દર બે સ્ટ્રોક દીઠ એક કાર્ય કરતો (વર્કીંગ) સ્ટ્રોક હોય છે, એટલે જેટલા આંટાની સંખ્યા તેટલાજ કાર્ય કરતા સ્ટ્રોક હોય છે.

સ્ટ્રોકની લંબાઈ એકસેન્ટ્રીકના થ્રોથી બમણી છે.

∴ સ્ટ્રોકની લંબાઈ = ૨ × ૨ = ૪ ઈંચ.

એક કાર્ય કરતા સ્ટ્રોકમાં પમ્પ વડે બહાર કાઢવામાં આવતું પાણી ઘન ઈંચમાં = ૨·૫ × ૨·૫ × ·૭૮૫૪ × ૪.

∴ એક મીનીટમાં પમ્પ વડે બહાર કાઢવામાં આવતું પાણી ઘન ઈંચમાં = ૨·૫ × ૨·૫ × ·૭૮૫૪ × ૪ × ૩૦ = ૫૮૯·૦૫ ઘન ઈંચ.

∴ ૫ મીનીટમાં બહાર કાઢવામાં આવતું પાણી ઘન ઈંચમાં = ૫૮૯·૦૫ × ૫ = ૨૯૪૫·૨૫ ઘન ઈંચ.

$$\text{ગેલન} = \frac{૨૯૪૫·૨૫ \times ૬·૨૫}{૧૭૨૮} = \underline{૧૦·૬૫ \text{ ગેલન}}$$

દાખલો ૫.—એક લીફ્ટ પમ્પ વડે દર કલાકે ૨૦૦ ગેલન પાણીને ૨૦ ફુટની ઉંડાઈએથી ઉપાડવામાં આવે છે. જો પમ્પની એફીશીઅન્સી ૬૦ ટકા હોય, તો પમ્પને કેટલા હોર્સપાવર આપવામાં આવતા હશે ?

પમ્પ વડે દર મીનીટે કરવામાં આવતું ઉપયોગી

$$\text{કામ} = \frac{૨૦૦ \times ૧૦ \times ૨૦}{૬૦} = \frac{૨૦૦૦}{૩} \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

$$\text{પમ્પને દર મીનીટે આપવામાં આવતું કુલ કામ} = \frac{\text{ઉપયોગી કામ}}{\text{એફીશીઅન્સી}}$$

$$= \frac{૨૦૦૦}{૩} \times \frac{૧૦૦}{૬૦} = \frac{૧૦૦૦૦}{૯} \text{ ફુટ-પૌંડ.}$$

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{૧૦૦૦૦}{૯ \times ૩૩૦૦૦} = \underline{૦·૦૩૩.}$$

દાખલો ૬.—એક ડબલ-એકટીંગ ફોર્સ પમ્પના પીસ્તનનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે; સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૩ ફુટ છે; પમ્પથી કુવાનાં પાણીની સપાટી ૨૦ ફુટ નીચે છે; જે જગ્યાએ પાણી ઉંચે ચઢાવવાનું છે તે પમ્પથી ૪૦ ફુટ ઉંચે છે; અને સ્ટ્રોકની સંખ્યા દર મીનીટે ૪૦ છે. તો (૧) પમ્પને ચલાવવા માટે જોઈતા થીઅરી પ્રમાણેના હોર્સપાવર કેટલા હશે, અને (૨) જો શક્તિના ૩૦ ટકા ઘર્ષણમાં વ્યર્થ જાય, તો પમ્પને ચલાવવા માટે જોઈતા ખરેખરા હોર્સપાવર કેટલા હશે?

પાણી જે કુલ ઉંચાઈએ ચઢાવવામાં આવે છે તે ઉંચાઈ = કુવાનાં પાણીની સપાટીથી પમ્પ સુધીની ઉંચાઈ + પમ્પથી જે જગ્યાએ પાણી ચઢાવવાનું છે તે જગ્યા સુધીની ઉંચાઈ.

∴ કુલ ઉંચાઇ = ૨૦ + ૪૦ = ૬૦ ફુટ.

એક મીનીટમાં ઉંચે ચઢાવવામાં આવતો પાણીનો જથ્થો પૌંડમાં = ૧ × ૧ × ·૭૮૫૪ × ૩ × ૪૦ × ૬૨·૫ = ૫૮૯૦·૫ પૌંડ.

∴ એક મીનીટમાં થતું કામ = ૫૮૯૦·૫ × ૬૦ ફુટ–પૌંડ.

$$\therefore \text{ થીઅરી પ્રમાણે જોઇતા હોર્સપાર} = \frac{૫૮૯૦·૫ \times ૬૦}{૩૩૦૦૦}$$

= ૧૦·૭૧ હોર્સપાવર.

૭૦ : ૧૦૦ : : ૧૦·૭૧ : જોઇતા હોર્સપાવર.

$$\therefore \text{પમ્પને ચલાવવા માટે જોઈતા ખરેખરા હોર્સપાવર} = \frac{૧૦૦ \times ૧૦·૭૧}{૭૦}$$

= ૧૫·૩ હોર્સપાવર.

દાખલો ૭.—એક સેન્ટ્રીફ્યુગલ પમ્પને દર સેકન્ડે ૬·૨ ઘનફુટ પાણી ૭ ફુટની ઉંચાઇએ ઉપાડવાનું છે; જો પમ્પની એફીશીઅન્સી ૪૫ ટકા હોય, તો તેને કેટલા હોર્સપાવર પુરા પાડવા જોઇશે? આ પમ્પને ૨૦૦ વોલ્ટની ઇલેક્ટ્રીક મોટર વડે ચલાવવામાં આવે છે; જો મોટરની એફીશીઅન્સી ૮૫ ટકા હોય, તો તે મોટરને કેટલા એમ્પીઅર ઇલેક્ટ્રીક પ્રવાહ પુરો પાડવો જોઇશે?

પાણીને ઉપાડવામાં પમ્પ વડે દર સેકન્ડે થતું કામ = ૬·૨ × ૬૨·૫ × ૭
= ૨૭૧૨·૫ ફુટ–પૌંડ.

∴ એક મીનીટમાં થતું ઉપયોગી કામ = ૨૭૧૨·૫ × ૬૦
= ૧૬૨૭૫૦ ફુટ–પૌંડ.

પમ્પને ચલાવવા માટે દર મીનીટે જોઇતું કુલ કામ = $\frac{\text{ઉપયોગી કામ}}{\text{એફીશીઅન્સી}}$

$= \frac{૧૬૨૭૫૦ \times ૧૦૦}{૪૫}$ ફુટ–પૌંડ.

∴ પમ્પને ચલાવવા માટે જોઇતા હોર્સપાવર = $\frac{૧૬૨૭૫૦ \times ૧૦૦}{૪૫ \times ૩૩૦૦૦}$

= ૧૦·૯૬ હોર્સપાવર.

૭૪૬ વૉટ = ૧ હોર્સપાવર, અને
વૉટ = વોલ્ટ × એમ્પીઅર.

ત્યારે, મોટર વડે આપવામાં આવતા વૉટ = ૧૦·૯૬ × ૭૪૬

મોટરની એફીશીઅન્સી = $\frac{\text{બહાર આપવામાં આવતા વૉટ}}{\text{પુરા પાડવામાં આવતા કુલ વૉટ}}$

∴ પુરા પાડવામાં આવતા કુલ વૉટ = $\frac{\text{બહાર આપવામાં આવતા વૉટ}}{\text{એફીશીઅન્સી}}$

$= \frac{૧૦·૯૬ \times ૭૪૬ \times ૧૦૦}{૮૫} =$ ૯૬૧૯ વૉટ.

વૉલ્ટ × એમ્પીઅર = વૉટ
∴ ૨૦૦ × એમ્પીઅર = ૯૬૧૯

∴ પુરો પાડવામાં આવતો પ્રવાહ એમ્પીઅરમાં = $\frac{૯૬૧૯}{૨૦૦}$

= ૪૮·૧ એમ્પીઅર.

દાખલો ૮.—એક બોયલરમાં વાતાવરણનાં દબાણ ઉપરાંત દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૨૦ પૌંડનું દબાણ છે, અને તે બોયલરમાં

એક પમ્પ વડે પાણી આપવામાં આવે છે. તો બોયલરમાં આપવામાં આવતાં દર પૌંડ પાણી દીઠ કેટલા ફુટ–પૌંડ કામ થાય છે તે શોધો. જો તે પમ્પ દર કલાકે ૨૦૦૦ ગેલન પાણી બોયલરમાં આપે અને તેની એફીશીઅન્સી ૬૦ ટકા હોય, તો તે પમ્પને ચલાવવા માટે જોઈતા હોર્સપાવર શોધો.

એક પૌંડ પાણીનું ઘનમાપ $= \frac{૧}{.૦૩૬}$ ઘન ઈંચ = ૨૭.૭ ઘન ઇંચ.

બોયલરમાં વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૧૨૦ પૌંડ છે, માટે બોયલરમાં પમ્પ વડે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૨૦ પૌંડનાં દબાણે પાણીને દાખલ કરવું જોઇએ.

∴ દર ચો. ઇંચ દીઠ ૧૨૦ પૌંડનાં દબાણવાળાં ૨૭.૭ ઘન ઈંચ એટલે ૧ પૌંડ પાણી વડે થતું કામ = ૧૨૦ × ૨૭.૭ ઇંચ–પૌંડ

$= \frac{૧૨૦ \times ૨૭.૭}{૧૨}$ ફુટ-પૌંડ = <u>૨૭૭ ફુટ પૌંડ.</u>

દર મીનીટે બોયલરમાં દાખલ થતાં પાણીનું વજન $= \frac{૨૦૦૦ \times ૧૦}{૬૦}$ પૌંડ.

∴ એક મીનીટમાં થતું ઉપયોગી કામ $= \frac{૨૦૦૦ \times ૧૦ \times ૨૭૭}{૬૦}$ ફુટ-પૌંડ.

પમ્પને એક મીનીટમાં પુરૂં પડવામાં આવતું

કુલ કામ $= \frac{\text{એક મીનીટમાં ઉપયોગી કામ}}{\text{એફીશીઅન્સી}} = \frac{૨૦૦૦ \times ૧૦ \times ૨૭૭ \times ૧૦૦}{૬૦ \times ૬૦}$ ફુટ-પૌંડ.

∴ પમ્પને ચલાવવા માટે જોઈતા હોર્સપાવર $= \frac{૨૦૦૦ \times ૧૦ \times ૨૭૭ \times ૧૦૦}{૬૦ \times ૬૦ \times ૩૩૦૦૦}$

= <u>૪.૭ હોર્સપાવર.</u>

એકસરસાઇઝ ૯મી.

૧. એક મર્કયુરીઅલ (પારાનો) બેરોમીટર ૨૯ ઇંચ દર્શાવે છે, તો આ દબાણને મીઠાં પાણીના સ્થંભની કેટલી ઉંચાઈ સમતોલ કરશે? વળી ખારાં પાણીના સ્થંભની કેટલી ઉંચાઈ તે દબાણને સમતોલ કરશે? પારાનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ ૧૩·૬ છે.

૨. એક ડ્રાફ્ટ–ગેજમાં ચીમણીનાં તળીયાં સાથે જોડેલા પગમાં પાણીની ઉંચાઈ સૂન્યથી $\frac{3}{8}$ ઇંચ ઉપર છે અને બીજા પગમાં સૂન્યથી $\frac{3}{8}$ ઇંચ નીચે છે, તો તે ચીમણીમાં ડ્રાફ્ટ કેટલો હશે તે પાણીના હેડમાં શોધો. વળી આ હેડને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ દબાણમાં દર્શાવો.

૩. એક યુ (U) ટ્યુબ વોટર–ગેજ અથવા ગેસ પ્રેશ્યોર ગેજના બહારના અને અંદરના પગમાંનાં પાણીની સપાટી વચ્ચેનો તફાવત ૪ ઇંચ માલમ પડે છે, તો પુરી પાડવામાં આવતી ગેસનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ પૌંડમાં કેટલું હશે?

૪. એક સાધારણ સકશન અથવા લીફ્ટીંગ પમ્પનું આકૃતિ સાથે વર્ણન કરો, અને તેનું કાર્ય સમજાવો. જો બકેટનો વ્યાસ ૯ ઇંચ હોય, પમ્પ રોડનો વ્યાસ ૧$\frac{1}{2}$ ઇંચ હોય, અને જે નાળચાં (Spout)માંથી પાણી બહાર પડે છે તે કુવાનાં પાણીની સપાટીથી ૧૬ ફુટ ઉપર હોય, તો પમ્પ રોડ અને બકેટનું વજન ધ્યાનમાં ન લેતાં બકેટના ઉપલા સ્ટ્રોક દરમ્યાન પમ્પ રોડ ઉપર તેનાં છેદચિત્રનાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલું ખેંચાણ આવશે?

૫. ફોર્સ પમ્પ સાથે વપરાતાં એર વેસલનો ઉપયોગ સમજાવો. એક ફોર્સ પમ્પ વડે પાણીને એર વેસલથી ૧૦૦ ફુટ ઉંચે દબાવી ચઢાવવામાં આવે છે, તો એરવેસલનાં વોલ્યુમ (કદ અથવા ઘનમાપ)નું કેટલું પ્રમાણ પાણીથી ભરાશે તે શોધો, અને તેમાં તે વેળાએ હવાનું દબાણ કેટલું રહેશે તે શોધો.

૬. એક સાધારણ ફોર્સ હેન્ડ-પમ્પના હાથાના છેડાનો લીવરેજ પ્લન્જરના લીવરેજથી પાંચ ગણો છે, અને પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ ૫ ચોરસ ઇંચ છે, તો બેરલની અંદર પાણી ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪૫ પૌંડનું દબાણ ઉત્પન્ન કરવા માટે હાથાને છેડે કેટલું દબાણ લાગુ પાડવું જોઈએ ?

૭. કુવામાંથી પાણીને ટાંકીમાં ઉંચે ચઢાવવા માટે એક ફોર્સ પમ્પ વપરાય છે. પીસ્તનનો વ્યાસ ૧.૬ ઇંચ છે. પીસ્તન કુવામાંનાં પાણીની છુટી સપાટીથી ૨૦ ફુટ ઉપર છે અને ડીલીવરી પાઇપનાં ટાંકીમાં પડતાં મ્હોંથી ૪૦ ફુટ નીચે છે, તો (૧) ઘર્ષણ ધ્યાનમાં ન લેતાં, અને (૨) જ્યારે ઘર્ષણ દુર કરવામાં ૩૦ ટકા વ્યર્થ જાય, ત્યારે (अ) પમ્પમાં પાણીને ખેંચતી વેળાએ, અને (ब) પાણીને પમ્પમાંથી દબાવી ઉંચે ચઢાવતી વેળા પમ્પને ચલાવવા માટે કેટલું જોર જોઇશે, અને વળી (क) ૬ ઇંચના દરેક ડબલ સ્ટ્રોકે પમ્પમાં કેટલું કામ આપવામાં આવશે, અને કેટલું કામ પમ્પ બહાર આપશે?

૮. સીંગલ-એક્ટીંગ અને ડબલ-એક્ટીંગ પમ્પ વચ્ચે શું તફાવત હોય છે? એક ફોર્સ પમ્પના પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ ૩ ચોરસ ઇંચ છે, તો જ્યારે પાણીને દબાવીને ૨૦ ફુટની ઉંચાઈએ ચઢાવવામાં આવે ત્યારે તે ઉપરનું દબાણ શોધો.

૯. ડબલ-એક્ટીંગ ફોર્સ પમ્પની આકૃતિ કાઢી તેનું બ્યાન કરો. એક ડબલ-એક્ટીંગ ડુપ્લેક્સ (duplex બે સીલીન્ડરવાળા) ફોર્સ પમ્પમાં પીસ્તનનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે, સ્ટ્રોક ૧૫ ઇંચ લાંબો છે, પમ્પથી કુવાનાં પાણીની છુટી સપાટી ૨૪ ફુટ નીચે છે, અને પમ્પથી ડીલીવરી પાઇપનાં ટાંકીમાં પડતાં મ્હોંની ઉંચાઈ ૫૬ ફુટ છે. જો દર મીનીટે સ્ટ્રોકની સંખ્યા ૬૦ હોય, તો (૧) પમ્પને ચલાવવા માટે થીઅરી પ્રમાણે જોઇતા હોર્સપાવર શોધો, અને (૨) જો શક્તિના ૨૫ ટકા ઘર્ષણમાં વ્યર્થ જાય તો પમ્પને ચલાવવા માટે જોઈતા ખરેખરા હોર્સપાવર શોધો.

૧૦. એક ઉભા સીંગલ-એકટીંગ પમ્પ વડે પાણીને ૫૦ ફેધમની ઉંડાઇએથી ઉપાડવાનું છે. પમ્પનાં બેરલનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૬ ફુટ છે, અને દર મીનીટે સ્ટ્રોકની સંખ્યા ૧૦ છે, તો (૧) જ્યારે પમ્પ-બકેટ તેના નીચલા સ્ટ્રોકને છેડે હોય ત્યારે પમ્પ-બકેટ ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ આવતું દબાણ શોધો, (૨) દર મીનીટે બહાર કાઢવામાં આવતાં પાણીનું વજન શોધો, અને (૩) જો પમ્પને ચલાવવા માટેનાં એન્જીનના પાવરના ૩૦ ટકા ઘર્ષણ, વિગેરેમાં વ્યર્થ જાય, તો પમ્પને ચલાવવા માટે કેટલા હોર્સપાવરનું એન્જીન જોઇશે?

૧૧. એક પમ્પ ૬૦૦ ફુટની ઉંડાઈએથી દર અર્ધા મીનીટે ૫૦૦૦ ગેલન પાણીને ઉપાડે છે. જો ઘર્ષણ, વિગેરેમાં શક્તિના ૩૦ ટકા વ્યર્થ જાય, તો તે પમ્પને ચલાવવા માટે કેટલા હોર્સપાવર જોઈશે?

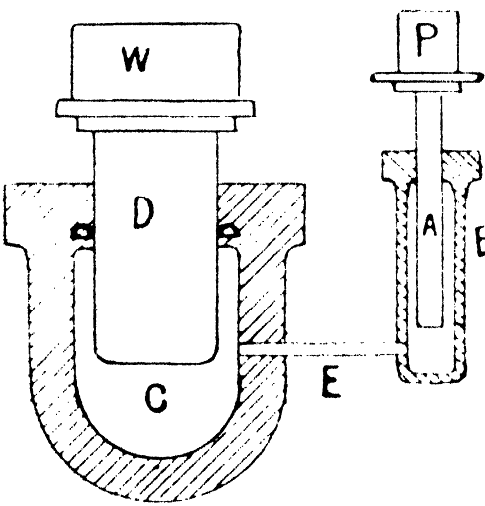
૧૨. એક સાદા બકેટ પમ્પમાં બેરલનો વ્યાસ ૯ ઇંચ છે અને બકેટનો સ્ટ્રોક ૨ ફુટ છે. બકેટ-રોડને ક્રેંક સાથે જોડેલા કનેકટીંગ રોડની મારફતે ચલાવવામાં આવે છે; ક્રેંક દર મીનીટે ૨૫ આંટા ફરે છે, અને પાણીનો કુલ હેડ (head) ૪૦ ફુટ છે; તો દર મીનીટે કેટલા ઘનફુટ પાણીને ઉપાડવામાં આવશે? જો પમ્પની એફીશીઅન્સી ૫૦ ટકા હોય, તો ક્રેંકને કેટલા હોર્સપાવર આપવા પડશે?

પ્રકરણ ૧૦મું

હાઈડ્રોલીક મશીન્સ

હાઇડ્રોલીક પ્રેસ. રૂની ગાંસડી બાંધવા માટેના મોટા હાઇડ્રોલીક પ્રેસ. હાઇડ્રોલીક જેક. હાઇડ્રોલીક એકયુમ્યુલેટર.

આપણે પ્રકરણ ૮માં શીખી ગયા છીએ કે પ્રવાહી દરેક દિશામાં એક સરખી રીતે દબાણનું સંચારણ કરે છે અને વળી વ્યવહારિક રીતે તે દબાઇ ન શકે એવાં (incompressible) હોય છે. આકૃતિ ૬૬માં આ નિયમ દર્શાવ્યો છે. એક ધાતુનો પ્લન્જર A બેરલ Bમાં પસાર થાય છે. આ બેરલને એક મોટાં સીલીન્ડર C સાથે પાઇપ E વડે જોડેલું છે. સીલીન્ડર Cમાં એક ધાતુનો નક્કર રેમ D બેસાડેલો છે. બેરલ B અને



આકૃતિ ૬૬.

સીલીન્ડર C તથા તેમને જોડનારી પાઇપ E પાણીથી ભરેલાં છે. જો પ્લન્જર Aનાં મથાળાં ઉપર P પૌંડનું એક વજન મુકવામાં

આવે, તો બેરલ Bમાંનાં પાણી ઉપર દબાણ આવશે, અને જ્યાં સુધી Pને લીધે આવતાં આ દબાણને સમતોલ કરે એટલું પુરતું વજન W મોટાં સીલીન્ડરમાંના રેમ D ઉપર લાગુ પાડવામાં આવે ત્યાં સુધી આ દબાણ રેમ ઉપર કાર્ય કરશે અને તેને ઉપર જોરથી ચઢાવશે. દર ચોરસ ઇંચ દીઠ જે કાંઇ દબાણ પ્લન્જર Aનાં તળીયાં અથવા નીચલા છેડા ઉપર હશે તેટલુંજ દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ રેમનાં તળીયાં અથવા નીચલા છેડા ઉપર આવશે; દાખલા તરીકે, પ્લન્જર Aના નીચલા છેડા અથવા તળીયાંનું ક્ષેત્રફળ ૧ ચોરસ ઇંચ હોય, અને રેમ Dના નીચલા છેડા અથવા તળીયાંનું ક્ષેત્રફળ ૩૦ ચોરસ ઇંચ હોય, તો પ્લન્જર Aને મથાળે લાગુ પાડવામાં આવતું ૪૦ પૈાંડનું જોર P પ્લન્જરનાં તળીયાં ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪૦ પૈાંડનું દબાણ ઉત્પન્ન કરશે. આ દબાણનું સંચારણ તેમાં કશો પણ ઘટાડો થયા વિના રેમ D ઉપર થશે, તેટલા માટે રેમ ઉપર લાગુ પાડવા માટે જોઈતું વજન W = ૩૦ × ૪૦ = ૧૨૦૦ પૈાંડ થશે. આપેલા વખતમાં ૪૦ પૈાંડ વડે થતું કામ તેટલાજ વખતમાં ૧૨૦૦ પૈાંડ ઉપર થતાં કામ જેટલુંજ થશે. ધારો કે પ્લન્જર Aને દબાવી ૧ ફુટ સુધી નીચે ઉતારવામાં આવે, તો પ્લન્જરે ખસેડેલું પાણી ૧ ચોરસ ઇંચ × ૧૨ ઇંચ = ૧૨ ઘન ઇંચ જેટલું થશે, અને તેટલા માટે સીલીન્ડર Cમાં આ ૧૨ ઘન ઇંચ પાણી સમાઈ શકે એટલો પુરતો રેમ ઉપર ચઢવો જોઇએ. પણ રેમનું ક્ષેત્રફળ ૩૦ ચોરસ ઇંચ છે. ધારો કે S = રેમ જેટલો ઉપર ચઢે તે અંતર ઇંચમાં લઇએ, તો ૩૦ × S = રેમ S ઇંચ જેટલો ઉપર ચઢવાથી સીલીન્ડર Cમાં મળતી વધારાની જગ્યા અથવા વોલ્યુમ છે; પણ આ ૩૦ S ઘન ઇંચ વોલ્યુમ બેરલ Bમાંથી પ્લન્જરે ખસેડેલાં પાણીનાં વોલ્યુમની બરાબર હોવું જોઈએ.

$\therefore$ ૩૦ S = ૧૨

$\therefore$ S = $\frac{૧૨}{૩૦}$ = ૦.૪ ઇંચ,

અથવા, Pની ગતિ Wની ગતિથી ૩૦ ગણી વધારે છે, અને કામના નિયમ પ્રમાણે

P × Pની ગતિ = W × Wની ગતિ.

$\therefore$ W શોધવા માટે—

૪૦ × ૧૨ = W × ૦.૪

$\therefore$ W = $\frac{૪૦ \times ૧૨}{૦.૪}$ = ૧૨૦૦ પૌંડ.

આ ઉપરથી માલમ પડશે કે—

P : W : : પ્લન્જર Aનું ક્ષેત્રફળ : રેમ Dનું ક્ષેત્રફળ, અને Pની ગતિ : Wની ગતિ : : રેમ Dનું ક્ષેત્રફળ : પ્લન્જર Aનું ક્ષેત્રફળ.

જ્યાં સુધી પમ્પના પ્લન્જર અને સીલીન્ડરના રેમને લાગેવળગે છે ત્યાં સુધી આ નિયમ પ્રમાણે હાઇડ્રોલીક પ્રેસનો યાંત્રિક લાભ (મીકેનીકલ એડવાન્ટેજ) મેળવવામાં આવે છે. પ્લન્જર ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કાર્ય કરતું દબાણ રેમ ઉપર દર ચોરસ ઈંચ દીઠ એકસરખું દબાણ ઉત્પન્ન કરે છે, તેટલા માટે તેમનાં ઉપરનાં કુલ દબાણોનો ફેરફાર તેમનાં ક્ષેત્રફળોનાં પ્રમાણમાં હોય છે.

દાખલો ૧.—આકૃતિ ૬૬માં ધારો કે નાના પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧$\frac{૧}{૨}$ ઇંચ છે અને રેમનો વ્યાસ ૧૫ ઇંચ છે. જો પ્લન્જર ઉપરનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચિ દીઠ ૫૦ પૌંડ હોય, તો રેમ ઉપર કુલ દબાણ કેટલું હશે અને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ દબાણ કેટલું હશે? વળી જો પ્લન્જર ૧ ફુટ નીચે ઉતરે તો રેમ કેટલો ઉપર ચઢશે?

પ્લન્જર ઉપર દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૫૦ પૌંડનું દબાણ હોવાથી તેજ દબાણ રેમ ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કાર્ય કરશે, માટે રેમ ઉપર દર ચો. ઈંચ દીઠ દબાણ = <u>૫૦ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ</u>

રેમ ઉપરનું કુલ દબાણ = રેમનું ક્ષેત્રફળ × રેમ ઉપરનું દર ચો. ઇંચ દીઠ દબાણ

= ૧૫ × ૧૫ × ·૭૮૫૪ × ૫૦

= ૧૭૬·૭૧૫ × ૫૦

= ૮૮૩૫·૭૫ પૌંડ.

અથવા,

P : W : : પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ : રેમનું ક્ષેત્રફળ

૫૦ × ૧·૫ × ૧·૫ × ·૭૮૫૪ : W : : ૧·૫ × ૧·૫ × ·૭૮૫૪ : ૧૫ × ૧૫ × ·૭૮૫૪

$$\therefore W = \frac{૫૦ \times ૧·૫ \times ૧·૫ \times ·૭૮૫૪ \times ૧૫ \times ૧૫ \times ·૭૮૫૪}{૧·૫ \times ૧·૫ \times ·૭૮૫૪}$$

= ૫૦ × ૧૫ × ૧૫ × ·૭૮૫૪ = ૮૮૩૫·૭૫ પૌંડ.

Pની ગતિ : Wની ગતિ : : રેમનું ક્ષેત્રફળ : પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ

૧૨″ : Wની ગતિ : : ૧૫ × ૧૫ × ·૭૮૫૪ : ૧·૫ × ૧·૫ × ·૭૮૫૪

$$\therefore W\text{ની ગતિ} = \frac{૧૨ \times ૧·૫ \times ૧·૫ \times ·૭૮૫૪}{૧૫ \times ૧૫ \times ·૭૮૫૪} = ૦·૧૨ \text{ ઇંચ}$$

દાખલો ૨.—જો દાખલા ૧લામાંની રચનામાં પ્લન્જર ઉપરનું કુલ દબાણ ૧૨ પૌંડ અને રેમ ઉપરનું કુલ દબાણ ૧ ટન હોય, અને પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ હોય, તો રેમનો વ્યાસ કેટલો હશે ?

P : W : : પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ : રેમનું ક્ષેત્રફળ

૧૨ : ૧ × ૨૨૪૦ : : ૧ × ૧ × ·૭૮૫૪ : રેમનું ક્ષેત્રફળ

∴ ૧૨ × રેમનું ક્ષેત્રફળ = ૨૨૪૦ × ·૭૮૫૪

$$\therefore \text{રેમનું ક્ષેત્રફળ} = \frac{૨૨૪૦ \times ·૭૮૫૪}{૧૨}$$

$$\therefore D^2 \times ·૭૮૫૪ = \frac{૨૨૪૦ \times ·૭૮૫૪}{૧૨}$$

$$\therefore D^2 = \frac{૨૨૪૦ \times ·૭૮૫૪}{૧૨ \times ·૭૮૫૪} = ૧૮૬·૬$$

$$\therefore D = \sqrt{૧૮૬·૬} = ૧૩·૬૬ \text{ ઇંચ}$$

દાખલો ૩.—જો પ્લન્જરનો વ્યાસ ૨ ઇંચ હોય, રેમનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ હોય, અને પ્લન્જર ઉપરનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૫૦ પૌંડ હોય, તો રેમ ઉપરનું કુલ દબાણ શોધો. જો પ્લન્જર ૧ ફુટ નીચે ઉતરે, તો રેમ કેટલો ઉપર ચઢશે ?

પ્લન્જર ઉપરનું કુલ દબાણ = ૨ × ૨ × ·૭૮૫૪ × ૫૦ = ૧૫૭·૦૮ પૌંડ.

P : W : : પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ : રેમનું ક્ષેત્રફળ

૧૫૭·૦૮ : W : : ૨ × ૨ × ·૭૮૫૪ : ૧૦ × ૧૦ × ·૭૮૫૪

$$\therefore W = \frac{૧૫૭·૦૮ \times ૧૦ \times ૧૦ \times ·૭૮૫૪}{૨ \times ૨ \times ·૭૮૫૪}$$

= ૩૯૨૭ પૌંડ.

Pની ગતિ : Wની ગતિ : : રેમનું ક્ષેત્રફળ : પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ

૧૨″ : Wની ગતિ : : ૧૦ × ૧૦ × ·૭૮૫૪ : ૨ × ૨ × ·૭૮૫૪

$$\therefore \text{Wની ગતિ} = \frac{૧૨ \times ૨ \times ૨ \times ·૭૮૫૪}{૧૦ \times ૧૦ \times ·૭૮૫૪} = ૦·૪૮ \text{ ઇંચ.}$$

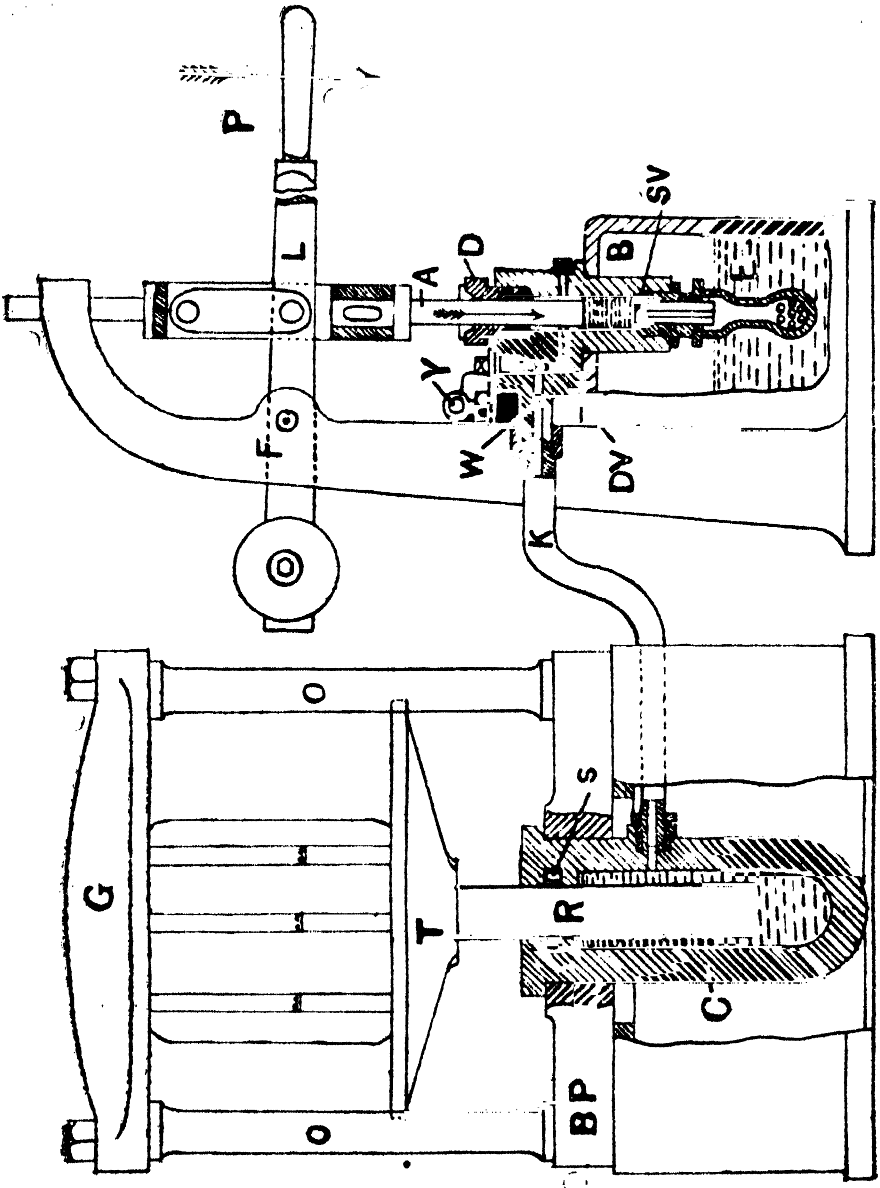
દાખલો ૪.— એક હાઇડ્રૉલીક પ્રેસમાં પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે, રેમનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે, અને રેમ ઉપરનું દબાણ ૬ ટન છે, તો પ્લન્જર ઉપર કેટલું દબાણ લાગુ પાડવામાં આવતું હશે ?

P : W : : પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ : રેમનું ક્ષેત્રફળ

P : ૬ × ૨૨૪૦ : : ૧ × ૧ × ·૭૮૫૪ : ૧૨×૧૨×·૭૮૫૪

$$\therefore P = \frac{૬ \times ૨૨૪૦ \times ૧ \times ૧ \times ·૭૮૫૪}{૧૨ \times ૧૨ \times ·૭૮૫૪} = ૯૩·૩ \text{ પૌંડ}$$

હાઇડ્રૉલીક પ્રેસ.—આ ઉપયોગી મશીન પાસ્કલ (Pascal) નામના ફ્રેંચ ગણિતશાસ્ત્રીએ શોધી કાઢ્યું હતું, પણ આ મશીનના ચાલતા ભાગોને તે પાણી-ચુસ્ત (water-tight) કરી શક્યો ન હતો. ઇસ્વી સન ૧૭૯૬ને આશરે બ્રામાહ (Bramah) નામના એન્જીનીયરે આ મુશ્કેલી દૂર કરી હતી. આકૃતિ ૬૭માં હાઇડ્રૉલીક પ્રેસ બતાવ્યો



આકૃતિ ૬૭.

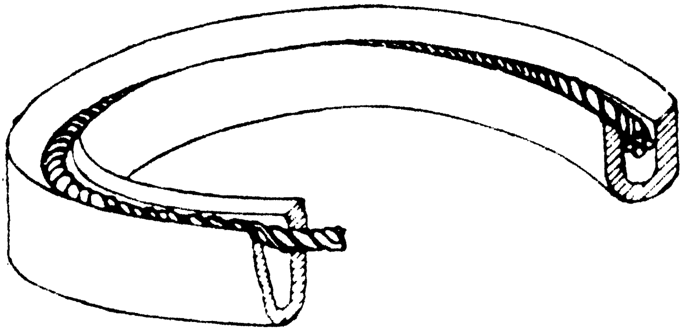
છે. આ આકૃતિ જોતાં જણાશે કે તેમાં એક સીંગલ એકટીંગ ફોર્સ પમ્પ આપેલો છે, જે ફોર્સ પમ્પનું જોડાણ પ્રેસનાં મોટાં મજબુત સીલીન્ડર C સાથે કરેલું છે, આ સીલીન્ડરમાં એક રેમ R આપેલો છે, જે રેમને પમ્પમાંથી સીલીન્ડરમાં જોરથી આપવામાં આવતાં પાણીનાં દબાણ વડે એક પાણી–ચુસ્ત કોલરમાંથી થઈને સીલીન્ડરમાંથી જોરથી બહારની બાજુએ દબાવી આપવામાં આવે છે.

પ્રકરણ ૯માં ફોર્સ પમ્પનું વર્ણન કરેલું હોવાથી હાઈડ્રોલીક પ્રેસના આ ભાગની સઘળી વિગત અત્રે ફરીને દર્શાવવાની જરૂર નથી, પણ તેની બીજી વધારાની રચના અત્રે જણાવીશું. હાઈડ્રોલીક પ્રેસ સાથના આ પમ્પમાં સકશન અને ડીલીવરી વાલ્વના બોક્સને પમ્પથી છુટા પાડી શકાય છે, અને વાલ્વ્ઝને બહાર નીકળી જતા અટકાવવા માટે આપેલાં ઢાંકણોને કોઈ પણ પળે ખસેડી શકાય છે, જેથી વાલ્વ્ઝને સહેલાઈથી તપાસી શકાય છે અથવા તેમની સીટ (seat) ઉપર ફરીને તેમને ગ્રાઈન્ડ (grind) કરી શકાય છે. પ્લન્જર A પમ્પનાં બેરલને મથાળે આપેલા સ્ટફીંગ બોક્સ અને ગ્લેન્ડ Dમાંથી થઈને પમ્પનાં બેરલ Bમાં પસાર થાય છે. આ સ્ટફીંગ બોક્સ અને ગ્લેન્ડ Dને તેમાં સણની પેકીંગ ભરીને પાણી–ચુસ્ત કરેલો હોય છે. પમ્પનાં બેરલના નીચલા ભાગને ટાંકી Eમાં બેસાડેલો છે. આ ટાંકીમાંથી બેરલને નીચલે છેડે જોડેલી સકશન પાઈપ અને છિદ્રોવાળી જાળી એટલે સ્ટ્રેનરમાંથી થઈને પાણીને ખેંચવામાં આવે છે. પમ્પના પ્લન્જરને ફુલક્રમ F ઉપર કાર્ય કરતાં એક લીવર L વડે અથવા ડીસ્કની શાફ્ટ ઉપર આપેલા હાથા વડે ચલાવવામાં આવતી ડીસ્ક અને પીન વડે, અથવા ક્રેંક શાફ્ટ ઉપર આપેલા હાથા વડે, અથવા પુલી અને પટા વડે ચલાવવામાં આવતી ક્રેંક શાફ્ટ વડે, અથવા કોઈ બીજી સુગમ પડતી રચના વડે ચલાવવામાં આવે છે. પ્લન્જર Aના ઉપલા સ્ટ્રોકે પાણી સકશન વાલ્વ S Vને ઉંચકી પમ્પનાં બેરલમાં ખેંચાય છે, અને નીચલા સ્ટ્રોકે પાણી ડીલીવરી વાલ્વ D Vને ઉંચકી પાઈપ Kમાંથી

દબાણ સાથે પસાર થઈ પ્રેસનાં સીલીન્ડર Cમાં દાખલ થાય છે અને તેમાંના રેમ Rને ચલાવે છે, જેથી રેમને મથાળે જોડેલી ટેબલ T પણ તેની સાથે ચાલે છે. પ્રેસને મથાળે એક આડો ગર્ડર G આપેલો છે જેને તેના દરેક છેડા આગળથી થાંભલા O વડે ટેકવેલો છે. આ થાંભલાઓને પાયાની પ્લેટ (બેઝ પ્લેટ) BP સાથે સજ્જડ કરેલા છે. જે વસ્તુને દબાવવી હોય તેને ટેબલ T ઉપર મુકવામાં આવે છે, અને ટેબલ T અને આડા (cross) ગર્ડર G વચ્ચે તે ઉપર દબાણ આવે છે. પ્રેસ જેટલું દબાણ સલામતી સાથે ખમી શકે તે કરતાં દબાણ વધી જતું અટકાવવા માટે એક સેફ્ટી વાલ્વ અથવા રીલીફ (relief) વાલ્વ આપેલો છે જે આકૃતિમાં બતાવ્યો નથી. આ વાલ્વને તેની સીટ ઉપર લીવર અને વજન વડે દબાવીને રાખેલો છે. પાણી વેહ Wમાંથી પસાર થતાં રીલીફ વાલ્વ ઉપર તેને ઉપાડવાનું દબાણ કરે છે અને જો સલામતી સાથે ખમી શકે તે કરતાં દબાણ વધી જાય તો પાણી રીલીફ વાલ્વને ઉંચકીને ઉઘાડી નાંખી પાછું ટાંકીમાં જાય છે. વસ્તુ દબાયા પછી જ્યારે તેને પ્રેસમાંથી છુટી કરવી હોય ત્યારે સ્ક્રુ Y જેનો અંદરનો ટેપર કરેલો છેડો તેવીજ ટેપર કરેલી સીટ ઉપર બેસે છે તેને હાથા વડે ઢીલો કરવાથી પાણીને પાઈપ Wને રસ્તે સ્ક્રુ Yની સીધી લીટીમાં આપેલી ઉભા પાઇપમાંથી થઇને ટાંકી Eમાં પાછું ફરવાનો માર્ગ મળે છે, જેથી રેમ R સાથે ટેબલ T નીચે ઉતરે છે અને દાગીનો પ્રેસમાંથી છુટો થાય છે.

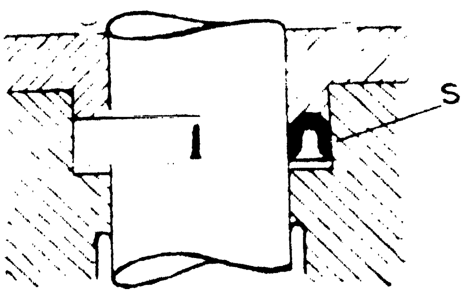
હાઈડ્રોલીક રેમ અને પીસ્તન માટેની ચામડાંની પેકીંગ.—રેમ, પ્લન્જર, અથવા પીસ્તન અને સીલીન્ડરની વચ્ચેથી પાણીને ગળી જતું અટકાવવા માટે જુદા જુદા આકારની ચામડાંની પેકીંગ વપરાય છે. આપણે આગળ જણાવ્યું છે કે હાઈડોલીક પ્રેસ પાસ્કલે શોધી કાઢ્યા પછી રેમની ફરતેથી પાણી બહાર નીકળી જવાને લીધે કેટલોક વખત સુધી તે વ્યવહારિક રીતે નકામો માલમ પડયો હતો. આ મુશ્કેલી બ્રામાંહે નમનશીલ ગોળાકાર **U આકારની ચામડાંની પેકીંગ** વાપરીને દુર કરી હતી. પ્રેસનાં સીલીન્ડરમાંથી

રેમની ફરતેથી પાણી ગળી જતું અટકાવવા માટે હાલમાં આ U–લેધર પેકીંગ મોટે ભાગે વપરાય છે. આ U–લેધર પેકીંગ આકૃતિ ૬૮માં બતાવી છે. આ પેકીંગને નવાં મજબુત સારી રીતે કેળવેલાં ચામડાંના ગોળ ચપટા ટુકડામાંથી બનાવવામાં આવે છે. જોઈએ તેટલા કદનો ચામડાંનો ટુકડો લઈ તેને પાણીમાં સારી રીતે ભીંજવવામાં આવે છે અને ત્યાર પછી તે ઉપર તેલ લગાડી તેને જોઈએ એવા આકાર અને કદની ધાતુની ડાઈ (die) અથવા મોલ્ડ (બીબાં)માં જ્યાં સુધી તે U–આકાર ધારણ કરે ત્યાં સુધી તેને જોરથી દબાવી રાખવામાં આવે છે. ચામડાંનો મધ્યનો ભાગ ત્યાર પછી કાપી કાઢવામાં આવે છે, અને Uની ઉપલી



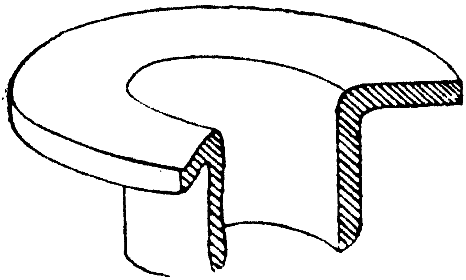
આકૃતિ ૬૮.

ગોળાકાર ધારોને ત્રાંસી (બેવલ) છાંટી કાઢી આકૃતિ ૬૮માં દેખાડ્યા પ્રમાણે અણીવાળી બનાવવામાં આવે છે. આ પેકીંગને પ્રેસનાં સીલીન્ડરને મથાળે અંદરની બાજુએ ટર્ન કરીને બનાવેલા ગાળા Sમાં આકૃતિ ૬૯માં દેખાડ્યા પ્રમાણે એવી રીતે બેસાડવામાં આવે છે કે જેથી U–પેકીંગની અંદરની ગોળાકાર જગ્યામાં દબાણવાળું પાણી દાખલ થાય, પરિણામે જેમ પાણીનું દબાણ વધુ તેમ પેકીંગ વધારે પાણી–ચુસ્ત બને છે.



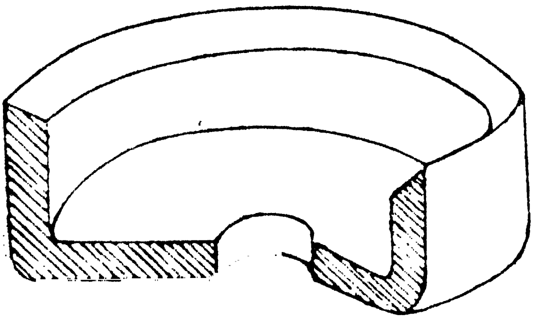
આકૃતિ ૬૯.

સરતા પ્લન્જર અને રોડ માટે **હેટ–લેધર પેકીંગ (Hat-leather packing)** એટલે હેટના આકારની ચામડાંની પેકીંગ સાધારણ રીતે વપરાય છે, જે આકૃતિ ૭૦માં બતાવી છે.

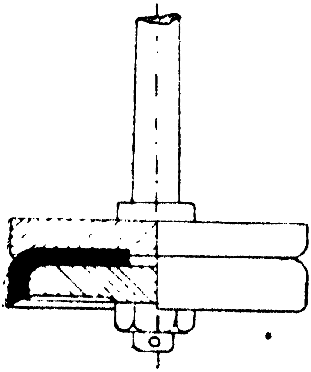


આકૃતિ ૭૦.

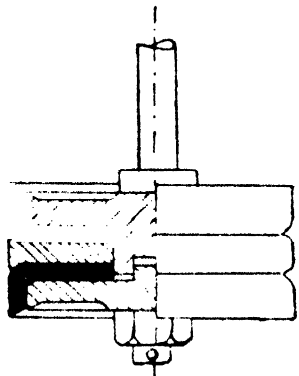
પીસ્તન માટે મોટે ભાગે **કપ–લેધર પેકીંગ (Cup-leather packing)** એટલે કપના આકારની ચામડાંની પેકીંગ વપરાય છે, જે આકૃતિ ૭૧માં બતાવી છે. એવી એ કપ–લેધર પેકીંગ વડે આકૃતિ ૭૩માં દેખાડ્યા પ્રમાણે પીસ્તનને પેક (pack) કરવામાં આવે છે. જ્યાં પાણીનું દબાણ પીસ્તનની માત્ર એકજ બાજુ ઉપર કાર્ય કરતું હોય ત્યાં આકૃતિ ૭૨માં દેખાડ્યા પ્રમાણે માત્ર



આકૃતિ ૭૧.



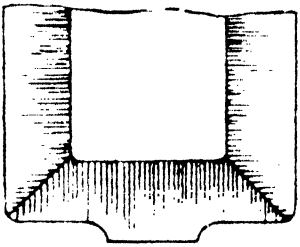
આકૃતિ ૭૨.



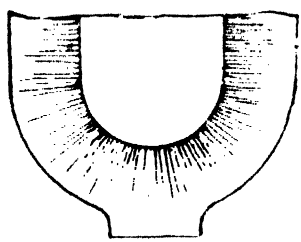
આકૃતિ ૭૩.

એકજ કપ–લેધર પેકીંગ વપરાય છે. આ કપ–લેધર પેકીંગનું કાર્ય હાઇડ્રોલીક પ્રેસનાં સીલીન્ડરમાં વપરાતી U–લેધર પેકીંગને મળતુંજ છે, પણ તફાવત માત્ર એટલોજ કે કપ–લેધર પેકીંગ માત્ર સીલીન્ડરની ફરતી બાજુ સામે પાણીનાં દબાણથી એકજ દિશામાં દબાય છે, જ્યારે U–લેધર પેકીંગ પાણીનાં દબાણથી સીલીન્ડર અને રેમ એ બન્નેની સામે દબાય છે.

હાઇડ્રોલીક પ્રેસનાં સીલીન્ડરનાં તળીયાંને અર્ધ ગેાળાકાર બનાવવાનાં કારણ.—ઘણાં વધારે દબાણ માટેના હાઇડ્રોલીક પ્રેસનાં મેાટાં સીલીન્ડરના નીચલા અથવા અંદરના છેડાને સંભાળ ભરેલી રીતે અર્ધ ગેાળાકાર બનાવવા જોઈએ; કારણ કે ઓતકામ (કાસ્ટીંગ)નાં ઠંડા થવાની ક્રિયા દરમ્યાન બીડનાં સ્ફાટિકેા પેાતાની મેળે થેાડે ઘણે અંશે સંપૂર્ણ રીતે ઓતકામની સપાટીને લંબ આવેલાં ક્ષેત્રમાં અથવા જે દિશામાં ગરમી બહારની બાજુએ પસાર થાય છે તે દિશામાં ગેાઠવાઈ જાય છે. આકૃતિ ૭૪માં ચપટાં તળીયાંવાળાં પ્રેસનાં સીલીન્ડરનું તળીયું બતાવ્યું



આકૃતિ ૭૪.



આકૃતિ ૭૫.

છે, અને તેમાં સ્ફાટિકેાની રચના ઠંડી થતી સપાટીને લંબ સીધી લીટીઓ વડે દર્શાવી છે. અંદરના ખૂણાથી બહારના ખૂણા તરફ સઘળે ફરતે જોર ઓછું થતું જાય છે, જો કે બીજા ભાગ કરતાં ખુણાઓ આગળ ધાતુની જાડાઈ ઘણી વધારે છે; પરિણામે ખુણા આગળ ધાતુ નબળી બને છે અને અંદરના ખુણાને બહારના ખુણા સાથે જોડનારી લીટી આગળથી તૂટી જવાનેા સંભવ રહે છે. પ્રેસનાં કાર્ય દરમ્યાન

આ નબળા ભાગ ઉપર સખત આંચકા અને જોર આવતું હોવાથી સીલીન્ડરનું તળીયું આકૃતિમાં દેખાડેલી આ લીટીઓ આગળથી તૂટીને બહાર નીકળી આવે છે.

આકૃતિ ૭૫માં અર્ધ ગોળાકાર તળીયાંવાળાં પ્રેસનાં સીલીન્ડરનું તળીયું બતાવ્યું છે. એમાં માલમ પડશે કે સ્ફટિકોની રચના આડી દિશાથી ઉભી દિશા સુધી વધારે એક સરખી છે, જેથી સખત આંચકા અને જોર સામે તે ટકી શકે છે.

હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં P અને W વચ્ચેનું પ્રમાણ નક્કી કરવામાં નીચે પ્રમાણે બે ભાગો નક્કી કરવાના હોય છે:—

(૧) Pનાં લાગુ પાડવાનાં બિંદુ A આગળ લાગુ પાડવામાં આવતાં દબાણ અને પમ્પના પ્લન્જર ઉપર P વડે ઉત્પન્ન કરવામાં આવતાં દબાણ વચ્ચેનું પ્રમાણ, અને

(૨) પ્લન્જરનાં ક્ષેત્રફળ અને રેમનાં ક્ષેત્રફળ વચ્ચેનું પ્રમાણ.

ધારો કે, P = લીવરને છેડે લાગુ પાડવામાં આવતું જોર.

p = પમ્પના પ્લન્જર ઉપર P વડે ઉત્પન્ન કરવામાં આવતું દબાણ.

L = જે બિંદુ આગળ P લાગુ પાડવામાં આવે તે બિંદુથી ફલક્રમ F સુધીનું અંતર, એટલે Pનો લીવરેજ.

l = પ્લન્જરને લીવર સાથે જે બિંદુએ જોડેલું છે તે બિંદુથી ફલક્રમ F સુધીનું અંતર, એટલે પ્લન્જરનો લીવરેજ.

d = પ્લન્જરનો વ્યાસ.

અને D = પ્રેસનાં સીલીન્ડરમાંના રેમનો વ્યાસ.

ત્યારે લીવરનું વજન અને ઘર્ષણ ધ્યાનમાં ન લેતાં લીવરના નિયમ પ્રમાણે—

$$PL = p\,l,$$

$$\therefore p = \frac{PL}{l},$$

પણ p : W : : પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ : રેમનું ક્ષેત્રફળ.

$\therefore p : W :: d^2 \times {\cdot}૭૮૫૪ : D^2 \times {\cdot}૭૮૫૪$

અથવા $p : W :: d^2 : D^2$

$$\therefore W = \frac{pD^2}{d^2},$$

$$\text{પણ } p = \frac{PL}{l}$$

$$\therefore W = \frac{PL}{l} \times \frac{D^2}{d^2},$$

$$\text{અને } P = \frac{Wl}{L} \times \frac{d^2}{D^2}.$$

દાખલો ૫.—એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં પમ્પનાં લીવરને છેડે ૩૦ પૌંડનું જોર P લાગુ પાડવામાં આવે છે. ફલક્રમથી લીવરની લંબાઈ ૬ ફુટ છે. પ્લન્જરને લીવર સાથે એક બિંદુ આગળ જોડેલો છે, જે બિંદુ ફલક્રમથી ૪ ઇંચ દુર છે. પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧½ ઇંચ છે અને રેમનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે; તો રેમ વડે કરવામાં આવતું જોર અથવા W શોધો. વળી જોર Pની ૬ ઇંચ ચાલ માટે રેમ કેટલે દુર ચાલશે?

$$PL = p\,l$$

$$૩૦ \times ૬ \times ૧૨ = p \times ૪$$

$$\therefore p = \frac{૩૦ \times ૬ \times ૧૨}{૪} = ૫૪૦ \text{ પૌંડ}$$

$$p : W :: d^2 : D^2$$

$$૫૪૦ : W :: ૧{\cdot}૫ \times ૧{\cdot}૫ : ૧૦ \times ૧૦$$

$$\therefore W = \frac{૫૪૦ \times ૧૦ \times ૧૦}{૧{\cdot}૫ \times ૧{\cdot}૫} = \underline{૨૪૦૦૦ \text{ પૌંડ.}}$$

કામના નિયમ પ્રમાણે—

$$P \times P\text{ની ગતિ} = p \times p\text{ની ગતિ}.$$

$$૩૦ \times ૬ = ૫૪૦ \times p\text{ની ગતિ}.$$

$$\therefore p\text{ની ગતિ} = \frac{૩૦ \times ૬}{૫૪૦} = \frac{૧}{૩} \text{ ઇંચ}.$$

$$p\text{ની ગતિ} : W\text{ની ગતિ} :: D^2 : d^2$$

$$\frac{૧}{૩}'' : W\text{ની ગતિ} :: ૧૦ \times ૧૦ : ૧{\cdot}૫ \times ૧{\cdot}૫$$

$$\therefore W\text{ની ગતિ} = \frac{૧ \times ૧{\cdot}૫ \times ૧{\cdot}૫}{૩ \times ૧૦ \times ૧૦} = \underline{૦{\cdot}૦૦૭૫ \text{ ઇંચ}}.$$

દાખલો ૬.—એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના પમ્પમાં લીવર વડે મળતો યાંત્રિક લાભ ૧૬ : ૧ છે. પમ્પના પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ ૨ ચોરસ ઇંચ છે, તો પ્રેસમાં ઘેરાયલાં પાણી ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૮૦૦ પૌંડનું દબાણ ઉત્પન્ન કરવા માટે પમ્પનાં લીવરને છેડે કેટલા પૌંડનું જોર P લાગુ પાડવું જોઇશે ?

પ્લન્જર વડે કરવામાં આવતું કુલ દબાણ = ૨ × ૮૦૦ = ૧૬૦૦ પૌંડ.

$$PL = pl$$

$$P \times ૧૬ = ૧૬૦૦ \times ૧$$

$$\therefore P = \frac{૧૬૦૦ \times ૧}{૧૬} = \underline{૧૦૦ \text{ પૌંડ}}.$$

દાખલો ૭.—એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના પમ્પમાં લીવરેજનું પ્રમાણ ૮ : ૧ છે. પમ્પનાં લીવર ઉપર ૮૦ પૌંડનું જોર લાગુ પાડવામાં આવે છે અને પ્રેસના રેમ ઉપરનો લોડ ૧૦ ટન છે, તો પ્લન્જર અને રેમના વ્યાસોનું પ્રમાણ કેટલું રાખવું જોઇશે ?

$$W = \frac{PL}{l} \times \frac{D^2}{d^2}$$

$$\therefore ૧૦ \times ૨૨૪૦ = \frac{૮૦ \times ૮}{૧} \times \frac{D^2}{d^2}$$

$$\therefore \frac{D^2}{d^2} = \frac{૧૦ \times ૨૨૪૦ \times ૧}{૮૦ \times ૮} = \frac{૩૫}{૧}$$

$$\therefore d^2 : D^2 :: ૧ : ૩૫$$

$$\therefore d : D :: \sqrt{૧} : \sqrt{૩૫}$$

$$:: \underline{૧ : ૫\cdot૯૧}$$

અથવા,

$$PL = pl$$

$$૯૦ \times ૮ = p \times ૧$$

$$\therefore p = ૬૪૦ \text{ પૌંડ}$$

$$p : W :: d^2 : D^2$$

$$૬૪૦ : ૧૦ \times ૨૨૪૦ :: d^2 : D^2$$

$$૬૪૦ : ૨૨૪૦૦ :: d^2 : D^2$$

$$૧ : ૩૫ :: d^2 : D^2$$

$$\therefore \sqrt{૧} : \sqrt{૩૫} :: d : D$$

$$\therefore \underline{૧ : ૫\cdot૯૧} :: d : D$$

દાખલો ૮.—એક હાઇડ્રૉલીક પ્રેસમાં પમ્પનાં લીવર ઉપર લાગુ પાડવામાં આવતું જોર P ૬૦ પૌંડ છે, પ્રેસના રેમ ઉપરનો લોડ W ૫ ટન છે, પમ્પના પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ ૨ ચોરસ ઇંચ છે, અને રેમનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે, તો પમ્પના પ્લન્જરને ચલાવનારાં લીવર વડે કેટલો યાંત્રિક લાભ મળવો જોઈએ તે શોધો.

$$p : W :: \text{પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ} : \text{રેમનું ક્ષેત્રફળ}$$

$$p : ૫ \times ૨૨૪૦ :: ૨ : ૧૦ \times ૧૦ \times \cdot૭૮૫૪$$

$$\therefore p = \frac{૫ \times ૨૨૪૦ \times ૨}{૧૦ \times ૧૦ \times \cdot૭૮૫૪} = ૨૮૫\cdot૨ \text{ પૌંડ.}$$

$$PL = pl$$

$$\therefore \frac{L}{l} = \frac{p}{P}$$

$$= \frac{૨૮૫\cdot૨}{૬૦} = \frac{૪\cdot૭૫૩}{૧}$$

$$L : l :: \underline{૪\cdot૭૫૩ : ૧}$$

અથવા,

$$W = \frac{PL}{l} \times \frac{\text{રેમનું ક્ષેત્રફળ}}{\text{પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ}}$$

$$\therefore ૫ \times ૨૨૪૦ = \frac{૬૦ L}{l} \times \frac{૧૦ \times ૧૦ \times ·૭૮૫૪}{૨}$$

$$\therefore \frac{L}{l} = \frac{૫ \times ૨૨૪૦ \times ૨}{૬૦ \times ૧૦ \times ૧૦ \times ·૭૮૫૪} = \frac{૪·૭૫૩}{૧}$$

$$\therefore L : l :: \underline{૪·૭૫૩ : ૧}$$

દાખલો ૯.—એક હાઈડ્રોલીક પ્રેસમાં Pનો લીવરેજ ૪૪ ઇંચ છે, અને ફુલક્રમથી પમ્પના પ્લન્જર સુધીનું અંતર ૫ ઇંચ છે. પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે અને રેમનો વ્યાસ ૯ ઇંચ છે, તો (૧) P અને W વચ્ચેનું પ્રમાણ શોધો, (૨) Pની ગતિ અને Wની ગતિ વચ્ચેનું પ્રમાણ શોધો, (૩) જો P = ૩૦ પૌંડ હોય તો W શોધો, અને (૪) W = ૪ ટન હોય તો P શોધો.

(૧)

$$PL = pl$$

$$P \times ૪૪ = p \times ૫$$

$$\therefore p = \frac{૪૪ P}{૫} = ૮·૮ P$$

$$p : W :: d^2 : D^2$$

$$૮·૮ P : W :: ૧ \times ૧ : ૯ \times ૯$$

$$\therefore W = \frac{૮·૮ P \times ૯ \times ૯}{૧ \times ૧}$$

$$= ૭૧૨·૮ P$$

$$\therefore P : W :: \underline{૧ : ૭૧૨·૮}$$

(૨) Pની ગતિ : Wની ગતિ :: W : P

$$:: \underline{૭૧૨·૮ : ૧}$$

(૩) P : W :: ૧ : ૭૧૨·૮

$$૩૦ : W' :: ૧ : ૭૧૨·૮$$

$$\therefore W = ૩૦ \times ૭૧૨·૮ = \underline{૨૧૩૮૪ \text{ પૌંડ}}$$

(૪) $P : W :: ૧ : ૭૧૨\cdot૮$

$P : ૪ \times ૨૨૪૦ :: ૧ : ૭૧૨\cdot૮$

$$\therefore P = \frac{૪ \times ૨૨૪૦ \times ૧}{૭૧૨\cdot૮} = \underline{૧૨\cdot૫૭ \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૧૦.—બે પમ્પ સાથના એક હાઈડ્રોલીક પ્રેસમાં પ્લન્જરના વ્યાસો ૨½ ઈંચ અને ૧ ઇંચ છે, અને દરેક પ્લન્જરને એકજ સરખાં લીવર વડે ચલાવવામાં આવે છે, અને દરેક લીવર ઉપર એકજ સરખું જોર લાગુ પાડવામાં આવે છે. જ્યારે માત્ર મોટો પમ્પ ચલાવવામાં આવે છે ત્યારે પ્રેસના રેમ ઉપરનું દબાણ ૪૦ ટન છે, તો જ્યારે માત્ર નાનો પમ્પ ચલાવવામાં આવે ત્યારે રેમ ઉપર કેટલું દબાણ હશે?

લીવરેજ અને જોર બન્ને પમ્પમાં એકજ સરખાં હોવાથી બન્ને પમ્પના પ્લન્જરો ઉપરનું દબાણ p એક સરખું છે, ત્યારે મોટા પમ્પના પ્લન્જર ઉપરનું દબાણ જે નાના પમ્પના પ્લન્જરનાં દબાણની બરાબર છે તે શોધવા માટે—

$p : W :: d^2 : D^2$

$p : ૪૦ :: ૧ \times ૧ : ૨\cdot૫ \times ૨\cdot૫$

$$\therefore p = \frac{૪૦ \times ૧ \times ૧}{૨\cdot૫ \times ૨\cdot૫} = ૬\cdot૪ \text{ ટન}$$

મોટા પમ્પના પ્લન્જરના દર ચોરસ ઇંચ ઉપરનું

$$\text{દબાણ} = \frac{૬\cdot૪}{૨\cdot૫ \times ૨\cdot૫ \times \cdot૭૮૫૪} \text{ ટન}$$

નાના પમ્પના પ્લન્જરના દર ચોરસ ઇંચ ઉપરનું

$$\text{દબાણ} = \frac{૬\cdot૪}{૧ \times ૧ \times \cdot૭૮૫૪} \text{ ટન}$$

પ્રેસના રેમ ઉપરનું કુલ દબાણ પ્લન્જરનાં દર ચોરસ ઇંચ ઉપરનાં દબાણનાં પ્રમાણમાં છે.

$$\therefore \frac{૬\cdot૪}{૨\cdot૫ \times ૨\cdot૫ \times \cdot૭૮૫૪} : \frac{૬\cdot૪}{૧ \times ૧ \times \cdot૭૮૫૪} :: ૪૦ : W$$

$$\therefore\ W = \frac{૬\cdot૪ \times ૪૦ \times ૨\cdot૫ \times ૨\cdot૫ \times \cdot૭૮૫૪}{૧ \times ૧ \times \cdot૭૮૫૪ \times ૬\cdot૪}$$
$$= ૪૦ \times ૨\cdot૫ \times ૨\cdot૫ = \underline{૨૫૦\ \text{ટન.}}$$

દાખલેા ૧૧.—એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના ફોર્સ પમ્પના પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ $\frac{૧}{૪}$ ચેારસ ઇંચ છે, લીવર–હેન્ડલની લંબાઈ ૩ ફુટ છે, અને ફલક્રમથી પ્લન્જર સુધીનું અંતર ૩ ઇંચ છે; તેા જ્યારે લીવર–હેન્ડલના છેડા ઉપર ૧૦ પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવે ત્યારે પ્લન્જરની નીચેનાં પાણી ઉપર દર ચેારસ ઇંચ દીઠ કેટલું દબાણ હશે ?

$$PL = pl$$
$$૧૦ \times ૩ \times ૧૨ = p \times ૩$$
$$\therefore\ p = \frac{૧૦ \times ૩ \times ૧૨}{૩} = ૧૨૦ \text{ પૌંડ કુલ દબાણ.}$$

∴ પ્લન્જરની નીચે દર ચેા. ઈ. દીઠ પાણીનું દબાણ
$$= \frac{૧૨૦}{\frac{૧}{૪}} = ૧૨૦ \times ૪ = \underline{૪૮૦\ \text{પૌંડ.}}$$

દાખલેા ૧૨.—એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના પમ્પના પ્લન્જરને એક નાની ડીસ્ક–ક્રૅંક વડે ચલાવવામાં આવે છે. ડીસ્કનાં મધ્યથી પીનનાં મધ્ય સુધીનું અંતર ૩ ઇંચ છે, જેથી ડીસ્કના એક આંટામાં પ્લન્જર ૬ ઇંચ ઉપર ચઢે છે અને ૬ ઇંચ નીચે ઉતરે છે. જે શાફ્ટ ઉપર ડીસ્કને ચાવીથી સજ્જડ કરેલી છે તે શાફ્ટના બહારના છેડા આગળ બનાવેલા ચેારસ ભાગ ઉપર ૧૬ ઇંચ લાંબેા એક લીવર–હેન્ડલ (હાથેા) બેસાડેલેા છે. પ્લન્જરનેા વ્યાસ ૧ ઇંચ અને રૅમનેા વ્યાસ ૪ ઇંચ છે. જો હાથા ઉપર લાગુ પાડેલું જોર P ૩૦ પૌંડ હેાય, તેા રૅમ ઉપરનું દબાણ શેાધેા.

પ્લન્જરવાળેા પમ્પ સીંગલ–એક્ટીંગ હેાય છે અને તેનેા નીચલેા સ્ટ્રોક કાર્ય કરતેા (working) સ્ટ્રોક હેાય છે, જે સ્ટ્રોક ડીસ્ક–ક્રૅંકના અર્ધા આંટામાં મળશે.

ડીસ્ક–ક્રૅંકની શાફ્ટના અર્ધા આંટામાં જોર P વડે પસાર થતું

$$\text{અંતર} = \frac{૨ \times ૧૬ \times ૩\cdot૧૪૧૬}{૨} = ૧૬ \times ૩\cdot૧૪૧૬$$

∴ P વડે થતું કામ = ૩૦ × ૧૬ × ૩·૧૪૧૬, અને તેટલાજ વખતમાં પ્લન્જર વડે થતું કામ પણ તેટલુંજ હોવું જોઈએ.

ડીસ્કના અર્ધા આંટામાં પ્લન્જરની ગતિ = ૬ ઇંચ છે.

$$\therefore p \times ૬ = ૩૦ \times ૧૬ \times ૩{\cdot}૧૪૧૬$$

$$\therefore p = \frac{૩૦ \times ૧૬ \times ૩{\cdot}૧૪૧૬}{૬} = ૨૫૧{\cdot}૩૨૮ \text{ પૌંડ}$$

$$p : W :: d^2 : D^2$$

$$૨૫૧{\cdot}૩૨૮ : W :: ૧ \times ૧ : ૪ \times ૪$$

$$\therefore W = ૨૫૧{\cdot}૩૨૮ \times ૪ \times ૪ = \underline{૪૦૨૧{\cdot}૨૪૮ \text{ પૌંડ.}}$$

દાખલો ૧૩.—સીસાંની પાઈપ બનાવવા માટેના એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં રેમનો વ્યાસ ૨૦ ઇંચ છે, અને નાનો રેમ જે સીસાંને દબાવે છે તેનો વ્યાસ ૫ ઇંચ છે. તો જ્યારે હાઇડ્રોલીક ગેજ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧ ટન પાણીનું દબાણ દર્શાવે, ત્યારે સીસાં ઉપરનું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ દબાણ શોધો.

મોટા રેમ ઉપરનું કુલ દબાણ = ૨૦ × ૨૦ × ·૭૮૫૪ × ૧.

એટલુંજ કુલ દબાણ નાના રેમ ઉપર પણ આવશે, માટે નાના રેમ ઉપર એટલે સીસાં ઉપર આવતું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ દબાણ

$$= \frac{૨૦ \times ૨૦ \times {\cdot}૭૮૫૪ \times ૧}{૫ \times ૫ \times {\cdot}૭૮૫૪} = \underline{૧૬ \text{ ટન}}$$

દાખલો ૧૪.—એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના પમ્પને સ્ટીમ એન્જીન વડે ચલાવવામાં આવે છે. એન્જીનના પીસ્તનનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૧૨ ઇંચ, અને વરાળનું સરેરાશ દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪૦ પૌંડ છે. પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ ૩ ઇંચ છે અને પ્રેસના રેમનો વ્યાસ ૧૪ ઇંચ છે. પમ્પના પ્લન્જરની રચના એવી રીતે કરેલી છે કે જેથી તે બન્ને આગલા અને પાછલા સ્ટ્રોકે પાણીને દબાવી આપે છે. તો રેમ ઉપરનું દબાણ શોધો. જો એન્જીનના ડબલ સ્ટ્રોકની સંખ્યા એક મીનીટમાં ૧૨ હોય, તો તેટલાજ વખતમાં રેમ

કેટલેા ઉંચે ચઢશે તે શેાધેા. વળી થયલું કામ અને ખર્ચ થતા હેાર્સપાવર શેાધેા.

એન્જીનના પીસ્તન ઉપરનું કુલ દબાણ = ૧૦ × ૧૦ × ·૭૮૫૪ × ૪૦
= ૩૧૪૧·૬ પૈાંડ.

એન્જીનના પીસ્તન ઉપરનાં કુલ દબાણ જેટલુંજ દબાણ પમ્પના પ્લન્જર ઉપર આવશે, માટે પમ્પના પ્લન્જર ઉપરનું દબાણ = p = ૩૧૪૧·૬ પૈાંડ છે.

p : W : : d^2 : D^2

૩૧૪૧·૬ : W : : ૩ × ૩ : ૧૪ × ૧૪

$$\therefore W = \frac{૩૧૪૧·૬ \times ૧૪ \times ૧૪}{૩ \times ૩} = \underline{૬૮૪૧૭·૦૬ \text{ પૈાંડ.}}$$

એક મીનીટમાં પીસ્તને પસાર કરેલું અંતર = ૧૨ × ૧૨ × ૨
= ૨૮૮ ઇંચ.

પણ પમ્પનેા પ્લન્જર બન્ને સ્ટ્રેાકે પાણીને દબાવી આપતેા હેાવાથી તે પીસ્તનની બરાબરનું અંતર પસાર કરશે.

∴ એક મીનીટમાં પ્લન્જરે પસાર કરેલું અંતર = ૨૮૮ ઇંચ.

પ્લન્જરની ચાલ : રેમની ચાલ : : W : P

૨૮૮ : રેમની ચાલ : : ૬૮૪૧૭·૦૬ : ૩૧૪૧·૬

$$\therefore \text{રેમની ચાલ} = \frac{૨૮૮ \times ૩૧૪૧·૬}{૬૮૪૧૭·૦૬} = \underline{૧૩·૨૨૪ \text{ ઇંચ.}}$$

એક મીનીટમાં થયલું કામ = ૧૦ × ૧૦ × ·૭૮૫૪ × ૪૦ × ૧ × ૧૨ × ૨
= ૭૫૩૯૮·૪ ફુટ-પૈાંડ.

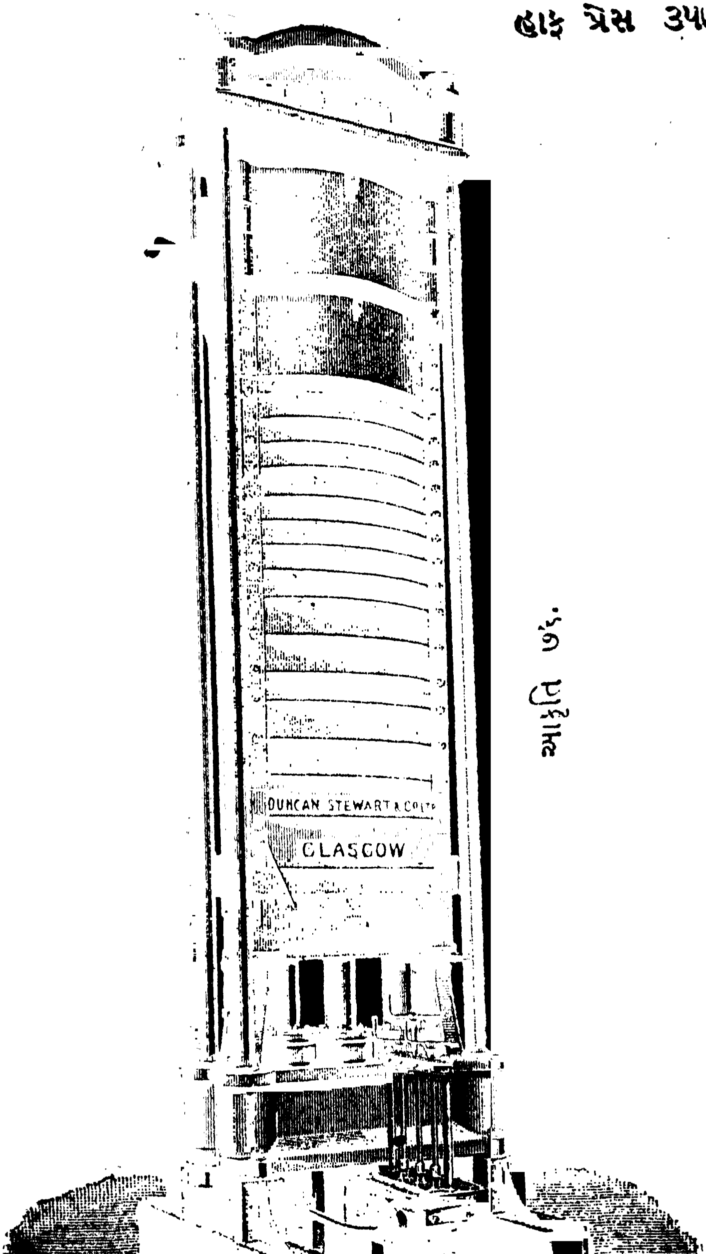
$$\therefore \text{હેાર્સપાવર} = \frac{૭૫૩૯૮·૪}{33000} = \underline{૨·૨૮૪૮ \text{ હેાર્સપાવર.}}$$

રૂની ગાંસડી બાંધવા માટેના મેાટા હાઇડ્રોલીક પ્રેસ.— જ્યારે રૂ, ઊન, સણ અને બીજા એવાજ પદાર્થોને રેલવે અથવા દરિયા માર્ગે નિકાશ કરવા હેાય ત્યારે તેનું રેલવે અથવા સ્ટીમરનું નુર જેમ બને તેમ એાછું કરવા માટે તે પદાર્થોને આ હાઇડ્રોલીક પ્રેસીંગ મશીનરીમાં અતિશય દબાણથી દાબીને તેની ગાંસડીએા

બાંધવામાં આવે છે. લગભગ ૪૦૦થી ૪૨૫ પૌંડનાં વજનના છુટા રૂને ગાંસડીમાં એટલી હદે હમેશાં દબાવવામાં આવે છે કે જેથી તેનું ઘટ્ટપણું દર ઘન ફુટ દીઠ લગભગ ૪૦થી ૪૫ પૌંડ થાય એટલે તેનું કદ અથવા વોલ્યુમ લગભગ ૧૦.૫થી ૧૦.૭ ઘનફુટ થાય. આટલી હદે આવા પદાર્થોને દબાવવા માટે અતિશય દબાણની જરૂર પડે છે, અને તેટલા માટે એવા હાઇડ્રોલીક પ્રેસ સાથે મજબુત અને ભારે પમ્પીંગ એન્જીન વપરાય છે. રૂની ગાંસડીનું ધોરણ તરીકે નક્કી કરેલું માપ અથવા કદ (Standard size) લગભગ ૪' – ૧" લાંબું × ૨૧થી ૨૨ ઇંચ ઉંચું × ૧૭ ઇંચ પહોળું હોય છે, અને દરેક ગાંસડીમાં રૂના સ્થાપક ગુણ અને તારની લંબાઇ (staple) ઉપર આધાર રાખીને ૪૦૦થી ૪૨૫ પૌંડ રૂને આ કદમાં દબાવવામાં આવે છે.

રૂની ગાંસડી બાંધવા માટેની હાઇડ્રોલીક પ્રેસીંગ મશીનરીમાં મજબુત અને ભારે **પમ્પીંગ એન્જીન, હાફ પ્રેસ, અને ફીનીશરનો** સમાવેશ થાય છે. આકૃતિ ૭૬, ૭૭, અને ૭૮માં મેસર્સ ડંકન સ્ટુઅર્ટની કુમ્પનીએ બનાવેલા હાફ પ્રેસ, ફીનીશર, અને પમ્પીંગ એન્જીન બતાવ્યાં છે. આ પ્રેસીંગ મશીનરીઝના હીંદુસ્તાન માટેના એજન્ટસ મેસર્સ ફુએટ ચવનાની કુમ્પની, ચર્ચગેટ સ્ટ્રીટ, મુંબઇ છે.

હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં રૂને દબાવી ગાંસડી બાંધવાની રીત.—પહેલાં રૂને લગભગ ૪૦૦થી ૪૨૫ પૌંડ (રતલ) જેટલો તોલી **હાફ પ્રેસની** પેટી જે લગભગ ૧૭ ફુટ ઉંડી, ૪ ફુટ લાંબી અને ૧૬ ઇંચ પહોળી હોય છે તેમાં ભરવામાં આવે છે. કેટલીક જગ્યાએ જ્યાં રૂ ઘણો સ્થિતિ સ્થાપક હોય છે ત્યાં આ પેટી જરૂરયાત પ્રમાણે ૧૮થી ૨૦ ફુટ ઉંડી બનાવવામાં આવે છે. આ પેટીમાં રૂ ભરવાનું કામ મજુરોથી કરવામાં આવે છે. પેટીમાં રૂ ભરવાની અગાઉ બારદાન (hessian cloth)ના ટુકડાઓને નીચલી અને ઉપલી લેશીંગ પ્લેટ (lashing plates ગાળાવાળી પ્લેટ) ઉપર મુકવામાં આવે છે, અને છેડેનો દરવાજો (end releasing door) જેને "બચ્ચું"



આકૃતિ ૭૯.

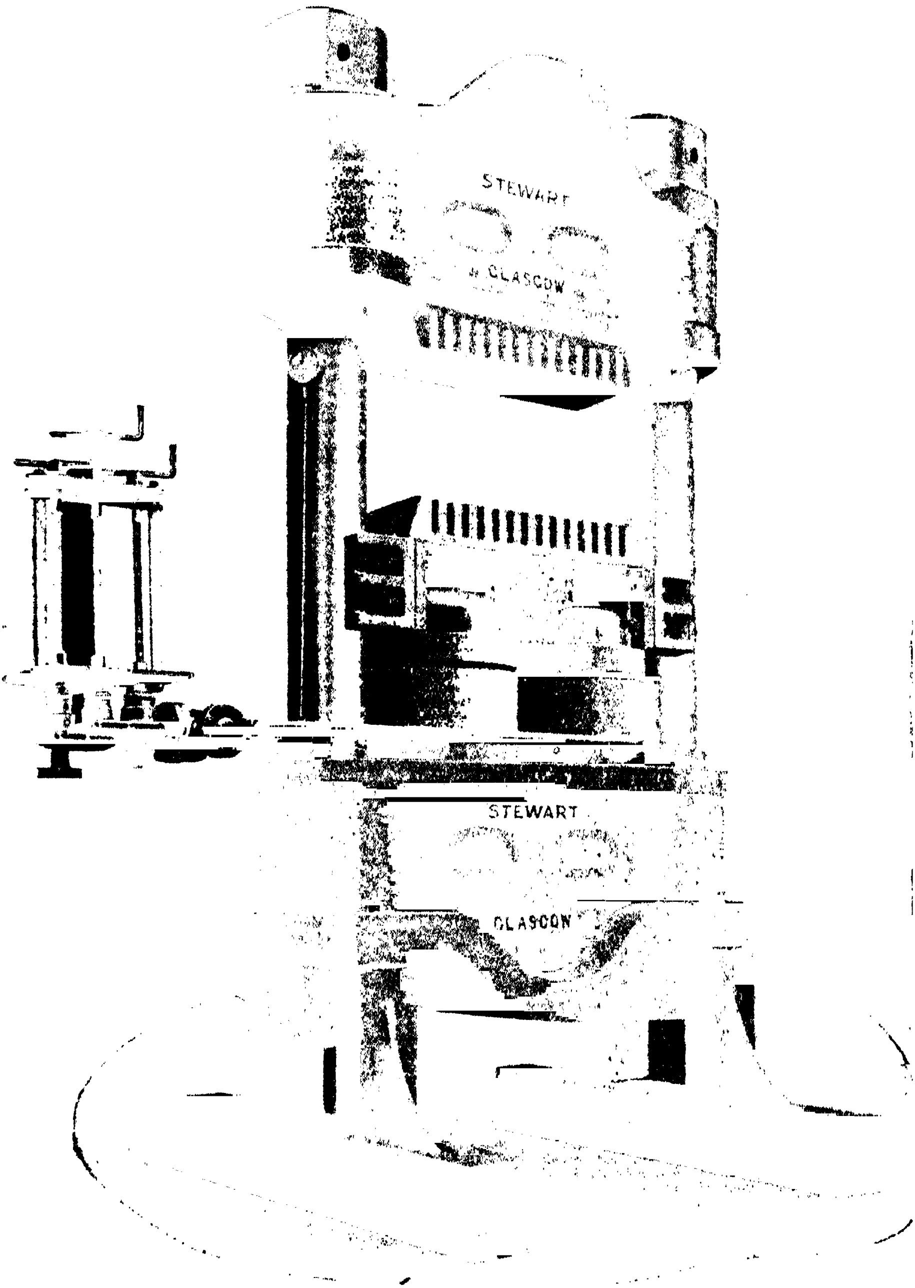
કહેવામાં આવે છે તે ચાવી વડે સજ્જડ કરી લેવામાં આવે છે. ઉપલી લેશીંગ પ્લેટ ઉપરથી બારદાનનો ટુકડો પડી ન જાય તે માટે તેની બાજુએ આપેલી નાની ખીલીઓમાં બારદાનનો ટુકડો ભેરવવામાં આવે છે. પેટી ભરાઈ રહ્યા પછી હાફ પ્રેસના દરવાજા બંધ કરી તેને ચાવી વડે સજ્જડ કરવામાં આવે છે. ત્યારે હવે હાફ પ્રેસ રૂ દબાવવા માટે તૈયાર થયો છે. આ હાફ પ્રેસમાં ૭$\frac{1}{2}$ ઇંચ વ્યાસના ત્રણ રેમ હોય છે. કેટલાક પ્રેસમાં મધ્યનો રેમ ૭$\frac{1}{2}$ ઇંચ વ્યાસનો અને બાજુના રેમો ૯ ઇંચ વ્યાસના આપવામાં આવે છે, જેથી પ્રેસ અને પમ્પોના રેમો ઉપરનું પાણીનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ઘટે છે. હાફ પ્રેસમાં આકૃતિ ૭૬માં દેખાડ્યા પ્રમાણે ત્રણ વાલ્વ હોય છે, જેવા કે, (૧) સ્ટાર્ટીંગ વાલ્વ, (૨) વચલો વાલ્વ જે પ્રેસનાં બાજુનાં બે સીલીન્ડરોમાં પાણી પુરૂં પાડવા માટે વપરાય છે, અને (૩) ડીસ્ચાર્જ વાલ્વ જે પ્રેસનાં સીલીન્ડરમાંથી પાણીનું દબાણ કાઢી નાખવા પાણીને પાછું ટાંકીમાં કાઢી નાંખવા માટે વપરાય છે.

હાફ પ્રેસનો દરવાજો બંધ કરી ચાવી વડે સજ્જડ કર્યા પછી પમ્પીંગ એન્જીનને ચાલુ કરવામાં આવે છે. પ્રેસ ચાલુ કરતી વેળા પહેલાં સ્ટાર્ટીંગ વાલ્વ ખોલવામાં આવે છે, અને વચલો વાલ્વ તથા ડીસ્ચાર્જ વાલ્વ બંધ રાખવામાં આવે છે, જેથી પમ્પ વડે પાણી સ્ટાર્ટીંગ વાલ્વમાંથી થઈને માત્ર મધ્યનાં સીલીન્ડરમાં દબાણ સાથે પસાર થઈ મધ્યના રેમને ઉપર ઉંચકે છે, જેથી તેની સાથે બાજુના બે રેમો પણ ઉપર ઉંચકાય છે, જેથી ત્રણે રેમો ને મથાળે સજ્જડ કરેલો ફ્લોઅર જે ઉપર લેશીંગ પ્લેટ બેસાડેલી છે તે પણ તેમની સાથે ઉંચકાય છે. તેજ વેળાએ પાણી બાજુનાં બે સીલીન્ડરોમાં પણ વેક્યુમ અને ગુરૂત્વાકર્ષણથી પોતાની મેળે ઉંચે ગોઠવેલી પાણીની ટાંકીમાંથી દાખલ થઈ જેમ જેમ તેમાંના રેમો ઉપર ઉંચકાતા જાય છે તેમ તેમ પોતાની મેળે તે સીલીન્ડરો પાણીથી ભરાતાં જાય છે. જ્યારે મધ્યનાં સીલીન્ડરમાં પાણીનું દબાણ (હાઇડ્રોલીક પ્રેશ્યોર) દર ચોરસ

ઇંચ દીઠ લગભગ ૩/૪ ટન સુધી વધે ત્યારે વચલો વાલ્વ ઉંઘાડવામાં આવે છે. વચલો વાલ્વ ઉંઘાડવાથી તે વાલ્વમાં આપેલો ચેક વાલ્વ વચલાં સીલીન્ડર-માંનાં હાઇડ્રોલીક પ્રેશ્યોરથી બંધ થઈ જાય છે; આ ચેક વાલ્વ પાણીને ટાંકીમાં પાછું જતું અટકાવે છે. આ પ્રમાણે વચલો વાલ્વ ઉંઘાડવાથી હવે હાઇડ્રોલીક પમ્પો બાજુનાં સીલીન્ડરોમાં પણ પાણીને દાખલ કરી તેમાંના રેમોને દબાવી આપે છે. જેવુંજ પાણી બાજુનાં સીલીન્ડરોમાં પણ દાખલ થાય છે કે તુરતજ ત્રણે રેમોનાં વધેલાં ક્ષેત્રફળને લીધે આ દરચોરસ ઇંચ દીઠ ૩/૪ ટનનું હાઇડ્રોલીક દબાણ ઘટીને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧/૪ ટનનું થઈ જાય છે. જ્યારે બાજુનાં સીલીન્ડરોમાં પાણીને દાખલ કરવા માટે વચલો વાલ્વ ઉંઘાડવામાં આવે છે, ત્યારે વચલો રેમ લગભગ ૧૪ ફુટ જેટલો ઉંચકાયલો હોય છે. ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે પમ્પો પાણીને વચલાં એક સીલીન્ડરને બદલે હવે ત્રણે સીલીન્ડરોમાં પસાર કરે છે અને ત્રણે રેમોને દબાવી ઉંચકે છે, જેથી પેટીમાં ભરેલાં રૂનું ઘટ્ટપણું વધે છે અને પમ્પમાં દબાણ ધીમે ધીમે વધતું જાય છે. જ્યારે દબાણ આ ત્રણે રેમો ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩/૪ થી ૧ ટન જેટલું વધે છે, ત્યારે પમ્પીંગ એન્જીનની નજદીક આપેલી "નોક–ઓફ વાલ્વ" (knock-off valve)ની ખાસ રચના વડે પમ્પીંગ એન્જીનના આઠ લો–પ્રેશ્યોર (ઓછાં દબાણવાળા) પમ્પોને છુટા કરવામાં આવે છે એટલે કટ–ઓફ કરવામાં આવે છે. આ નોક–ઓફ વાલ્વને એવી રીતે સેટ કરવામાં આવે છે કે જેવુંજ દબાણ ત્રણે રેમો ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ લગભગ ૩/૪ ટનનું થાય કે તુરતજ આઠ લો–પ્રેશ્યોર પમ્પોનાં પાણીને તે વાલ્વ ટાંકીમાં પાછું મોકલે છે, અને હવે માત્ર ચાર હાઈ–પ્રેશ્યોર પમ્પનું પાણી ત્રણે સીલીન્ડરોમાં દાખલ થઈ રેમોને દબાવી ઉંચે ચઢાવે છે. જેવીજ ફોલોઅરને મથાળે બેસાડેલી તળીયેની લેશીંગ પ્લેટની ઉપલી સપાટી દરવાજા (locking door)ની નીચલી સપાટી બરાબર આવી પહોંચે છે અથવા તળીયેની અને મથાળેની

લેશીંગ પ્લેટો વચ્ચેનું અંતર ૨૯થી ૩૦ ઇંચ થાય કે તુરતજ ચાવી છટકાવી નાંખી બન્ને દરવાજાને ઉઘાડી નાંખવામાં આવે છે અને ચીપીઆ એટલે એકસ્ટ્રેકટર (extractor)ને હાફ પ્રેસમાં ઘુસાડવા માટે તૈયાર રાખવામાં આવે છે. જો આ વેળાએ દરવાજા ઉઘાડી નાંખવામાં ન આવે તો રૂના ફુલાવાને લીધે દરવાજો તૂટી જશે. એકસ્ટ્રેકટર હાફ પ્રેસમાં જેવોજ દાખલ થયો એટલે બન્ને લેશીંગ પ્લેટો વચ્ચેનું અંતર લગભગ ૨૦ ઇંચ થયું કે તુરતજ પમ્પીંગ એન્જીન બંધ કરવામાં આવે છે અને દબાણને પહેલા અને બીજા વાલ્વ-માંના ચેક વાલ્વ વડે સીલીન્ડરોમાં જાળવી રાખવામાં આવે છે. હાફ પ્રેસમાં એકસ્ટ્રેકટર સંપૂર્ણ દાખલ થયા પછી હાફ પ્રેસનો છેડેનો દરવાજો (end releasing door) જેને "બચ્ચું" કહેવામાં આવે છે તે ખોલી નાંખવામાં આવે છે, અને ત્યાર પછી ડીસ્ચાર્જ વાલ્વ ઉઘાડવામાં આવે છે, જેથી સીલીન્ડરમાંનું દબાણવાળું પાણી ટાંકીમાં પાછું જાય છે. અને ત્રણે રેમો ફોલોઅર સાથે નીચે ઉતરે છે, તેથી રૂની દબાયલી ગાંસડી ઉપરનું દબાણ નીકળી જાય છે, અને તે ગાંસડી હવે એકસ્ટ્રેકટરમાં પકડાઈ જાય છે. એકસ્ટ્રેકટરમાં પકડાયલી આ ગાંસડીને વધુ દબાવવા માટે એકસ્ટ્રેકટર સાથે ફીનીશરમાં લઈ જવામાં આવે છે.

હાફ પ્રેસમાં ૭$\frac{1}{2}$ ઇંચ વ્યાસના ત્રણ રેમ વાપરી જે કુલ ક્ષેત્રફળ મળે છે તે ૧૩ ઇંચ વ્યાસના એક રેમનાં ક્ષેત્રફળની બરાબર હોય છે. પણ ૧૩ ઇંચ વ્યાસના એક રેમને બદલે ૭$\frac{1}{2}$ ઇંચ વ્યાસના ત્રણ રેમો આપવાથી જે ઘણો મોટો લાભ થાય છે તે એ છે કે–જો ૧૩ ઇંચ વ્યાસનો માત્ર એક રેમ આપવામાં આવે તો રેમની શરૂઆતની ૧૪ ફુટ ઉંચાઈ સુધી ૭$\frac{1}{2}$ ઇંચ વ્યાસનાં સીલીન્ડરોમાં તે વેળાએ જેટલું પાણી દબાવી આપવું પડે છે તેનાથી ત્રણગણું પાણી પમ્પીંગ એન્જીનને દબાવી આપવું પડશે, કારણ કે શરૂઆતની ૧૪ ફુટની ઉંચાઈ સુધી છુટા રૂને ૭$\frac{1}{2}$ ઇંચ વ્યાસનો માત્ર એક રેમ દબાવી આપવા માટે તદ્દન પુરતો હોય છે. રેમો ૧૪ ફુટ જેટલા ઉંચે ચઢયા



આકૃતિ ૭૭.

પછીજ રૂમાંનું દબાણુ ઘણું ઝડપથી વધે છે, અને ત્યારે ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે વચલો વાલ્વ ઉઘાડીને પ્રેસના રેમો અને પમ્પો ઉપરનું દબાણુ ઓછું કરવાને બાજુનાં સીલીન્ડરોમાં પાણી દાખલ કરવામાં આવે છે.

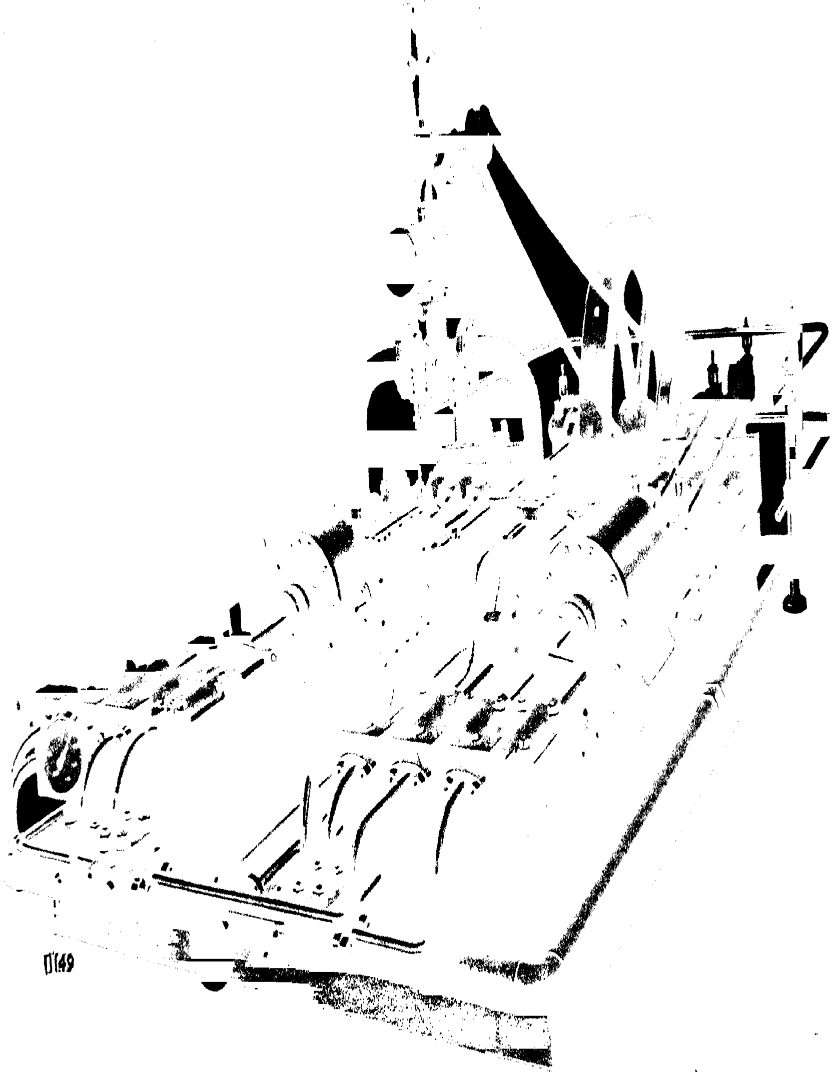
ફીનીશરમાં બે રેમ હોય છે જે દરેકનો વ્યાસ ૨૧ ઇંચ છે. આ ફીનીશરમાં ગાંસડીને લગભગ ૧૪ ઇંચની જાડાઈ સુધી દબાવવામાં આવે છે. ફીનીશરમાં ગાંસડી દબાઈને ૧૩થી ૧૪ ઇંચ જેટલી જાડાઈની થતાંજ સ્ટીલની છડપટી (hoops)ની મદદ વડે ગાંસડીને બાંધવામાં આવે છે, અને ત્યાર પછી ગાંસડી ઉપરથી દબાણુ કાઢી લેવામાં આવે છે. દબાણુ કાઢી લીધા પછી તે ગાંસડી ફુલીને તેની જાડાઈ ૨૦થી ૨૧ ઇંચ જેટલી થાય છે. ફીનીશર સાથે પણુ આકૃતિ ૭૭માં દેખાડ્યા પ્રમાણે ત્રણ વાલ્વ હોય છે, જેવાકે, (૧) સ્ટાર્ટીંગ વાલ્વ જે વચ્ચે છે, (૨) ડીસ્ચાર્જ વાલ્વ, અને (૩) ઇમર્જન્સી વાલ્વ.

ફીનીશર પ્રેસમાં રૂની ગાંસડીને દબાવવાની રીત.— એક્સ્ટ્રેક્ટર સાથે તેમાં પકડેલી ગાંસડીને ફીનીશર પ્રેસમાં બરાબર ગોઠવ્યા પછી ફીનીશર પ્રેસનો સ્ટાર્ટીંગ વાલ્વ જે વચ્ચે છે તેને ખોલવામાં આવે છે અને બાકીના બે વાલ્વ બંધ રાખવામાં આવે છે. સ્ટાર્ટીંગ વાલ્વ ઉઘાડ્યા પછી પમ્પીંગ એન્જીન ચાલુ કરવામાં આવે છે જેથી ફીનીશરનાં બન્ને સીલીન્ડરમાં પાણી દબાણથી દાખલ થતાંજ તેના રેમ તે ઉપર બેસાડેલી લેવીંગ પ્લેટ સાથના ફોલોઅર સાથે ઉપર ચઢે છે અને ગાંસડી દબાવા માંડે છે. ગાંસડી દબાતાં જેવોજ એક્સ્ટ્રેક્ટર ઢીલો થવા માંડે કે તુરતજ તેને ચપળતાથી બહાર ખેંચી લેવામાં આવે છે. જો એક્સ્ટ્રેક્ટર ખેંચતાં જરા પણુ ઢીલ થાય તો તે ફીનીશર પ્રેસમાં દબાઈને તેના દાંતા તૂટી જશે. જ્યારે ગાંસડી લગભગ ૧૪ ઇંચ સુધી દબાય કે તુરતજ પમ્પીંગ એન્જીન બંધ કરવામાં આવે છે, અને જ્યાંસુધી સ્ટીલની છડપટી ગાંસડીની ફરતે બરાબર લપેટવામાં આવે ત્યાંસુધી સીલીન્ડરમાંનાં પાણીનાં દબાણુને સ્ટાર્ટીંગ વાલ્વમાં આપેલા ચેક વાલ્વ વડે જાળવી રાખવામાં આવે છે. ગાંસડીની ફરતે

સ્ટીલની છડપટી બરાબર લપેટાઈ રહ્યા પછી ડીસ્ચાર્જ વાલ્વ ઉઘાડવામાં આવે છે, જેથી ફીનીશરમાંનાં સીલીન્ડરમાંનું પાણી ટાંકીમાં પાછું જાય છે અને બન્ને રેમ ફોલોઅર સાથે નીચે ઉતરે છે. ગાંસડી ઉપરનું દબાણ નીકળી જવાથી હવે ગાંસડી ફુલે છે અને છડપટી ચુસ્ત થઈ જાય છે.

તાત્કાલિક પ્રસંગે એન્જીનને થોભાવ્યા વિના હાફ પ્રેસ અને ફીનીશરને થોભાવવા માટે ઇમર્જન્સી વાલ્વ ખાસ આપવામાં આવે છે. એની રચના એવી રીતે કરેલી હોય છે કે એ વાલ્વને ઉઘાડવાથી એન્જીન ચાલુ હોય તે છતાં હાફ પ્રેસ અથવા ફીનીશર એ બેમાંથી જે ગમે તે ચાલુ હોય તેને ઉપર ચઢતો થોભાવી શકાય છે, અને પમ્પોનું પાણી આ વાલ્વમાંથી થઈને પાછું ટાંકીમાં જાય છે. જ્યારે હાફ પ્રેસના દરવાજા બરાબર વખતે ઉઘડે નહી ત્યારે આ વાલ્વ ઘણું કરીને ઉઘાડવામાં આવે છે જેથી હાફ પ્રેસના રેમો ઉપર ચઢતા અટકે છે અને તેથી દરવાજો ભાંગી જતો અટકે છે, અને આ પ્રમાણે જ્યારે પ્રેસ ઉભો રહે ત્યારે માણસો દરવાજાને ઉઘાડી શકે છે. વળી જે વેળાએ વચલાં સીલીન્ડરમાં દબાણ $\frac{3}{4}$ ટનથી વધી જાય તે વેળાએ હાફ પ્રેસનો વાલ્વમેન મધ્યનો વાલ્વ ઉઘાડી બાજુનાં સીલીન્ડરોમાં પાણીને દાખલ કરવાની ગફલતી કરે ત્યારે આ ઇમર્જન્સી વાલ્વ ખોલવામાં આવે છે. જ્યારે હાફ પ્રેસ અથવા ફીનીશરના રેમો યોગ્ય મારકા કરતાં વધારે ઉપર ચઢે ત્યારે એન્જીનને થોભાવવાની રાહ જોયા વિના આ ઇમર્જન્સી વાલ્વને ખોલી નાંખવામાં આવે છે અને તેથી ભાંગતૂટ થતી અટકાવી શકાય છે.

રૂની ગાંસડીઓ દબાવવા માટે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩ ટનનું હાઇડ્રોલીક પ્રેશ્યોર (પાણીનું દબાણ) મેળવવા માટે સ્ટીમ એન્જીન વડે ચલાવવામાં આવતા ભારે **હાઇડ્રોલીક પમ્પો** જે આકૃતિ ૭૮માં દેખાડયા છે તે વપરાય છે. આ હાઇડ્રોલીક પમ્પમાં ૧૨ પમ્પો હોય છે જેમાના થોડા હાઇ પ્રેશ્યોર પમ્પો હોય છે અને બાકીના લો પ્રેશ્યોર



આકૃતિ ૭૮.

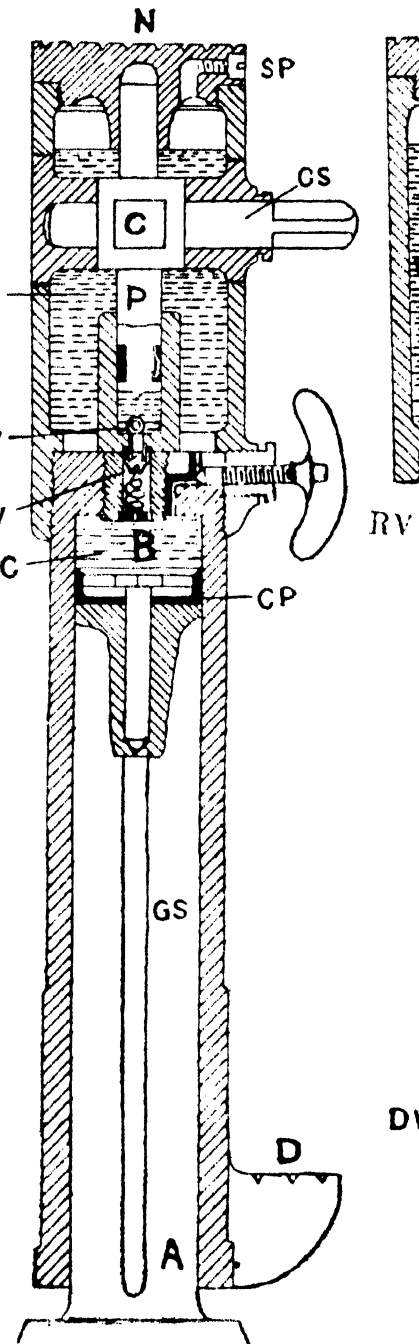
પમ્પો હોય છે. શરૂઆતમાં જ્યારે હાફ પ્રેસમાં દબાણ ઓછું હોય છે અને જ્યારે પાણી માત્ર વચ્ચેનાં સીલીન્ડરમાં પસાર થાય છે ત્યારે સઘળા ૧૨ પમ્પો કાર્ય કરે છે. સ્ટીમ એન્જીનને તે ઉપરના લોડથી મુક્ત કરવા માટે આ પમ્પો સાથે એક પોતાની મેળે કાર્ય કરતો નોક-ઓફ વાલ્વ (automatic knock-off valve) બેસાડેલો છે, જેથી જ્યારે દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ લગભગ $\frac{3}{4}$ ટન જેટલું થાય છે ત્યારે આઠ લો પ્રેશ્યોર પમ્પો પોતાની મેળે કટ-ઓફ થાય છે એટલે પ્રેસમાં પાણી આપતા બંધ થાય છે અને તેઓએ ખેંચેલું પાણી પાછું ટાંકીમાં જાય છે. બાકીના ચાર હાઈ પ્રેશ્યોર પમ્પોની મદદ વડેજ હાફ પ્રેસ અને ફીનીશર એ બન્નેમાં ગાંસડીને દબાવી તૈયાર કરવામાં આવે છે.

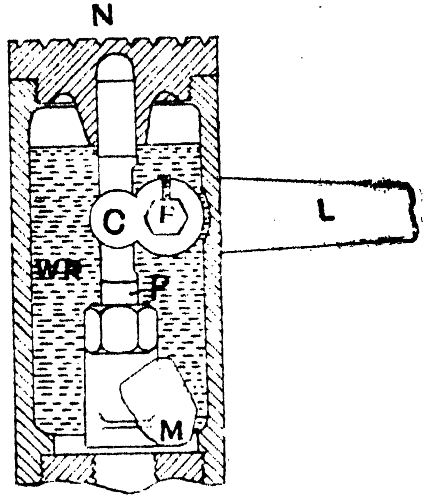
૩ ઉપર હાફ પ્રેસમાં લગભગ ૩૦૦ ટનનું અને ફીનીશરમાં લગભગ ૧૭૫૦ ટનનું કુલ દબાણ આવે છે. આટલું બધું ભારે દબાણ ખમી શકે તે માટે હાફ પ્રેસની ઉપલી અને નીચલી ટોપીઓ (top and bottom sills) લગભગ ૩$\frac{1}{2}$ ટનનાં વજનની અને ફીનીશરની ટોપીઓ (sills) લગભગ ૮ ટનનાં વજન સુધીની બનાવવામાં આવે છે.

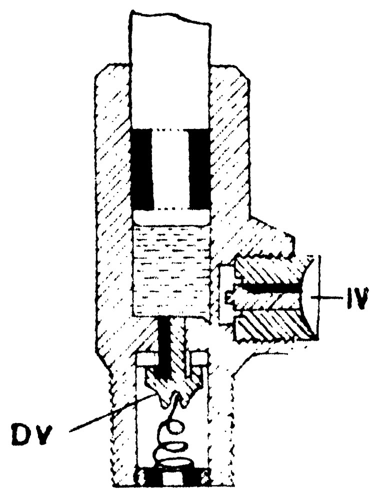
હાઇડ્રોલીક જેક (Hydraulic Jack).—આ યંત્ર નિયમમાં હાઇડ્રોલીક પ્રેસને મળતું આવે છે. હાઇડ્રોલીક જેકમાં તેનાં પોતાનાં અંગમાં હાઇડ્રોલીક પ્રેસ અને પમ્પને સંયુક્ત કરેલો હોય છે, અને તેને એટલા સંકોચિત આકારનો બનાવેલો હોય છે કે જેથી તેને સહેલાઇથી એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ લઈ જઈ શકાય છે અને ટુંકા અંતરે ઘણા ભારે દાગીના ઉપાડવા માટે વપરાય છે. હાઇડ્રોલીક જેક આકૃતિ ૭૯માં બતાવ્યો છે.

જે પાયા ઉપર જેક ટેકવાયલો છે તે પાયાને નળાકાર પ્લન્જરના આકારમાં ઉપર સુધી લંબાવેલો છે, અને તે કાસ્ટ સ્ટીલનાં પોકળ કેસીંગ NDમાં બનાવેલાં હાઇડ્રોલીક સીલીન્ડર HCનો રેમ બને છે જે આકૃતિમાં A અક્ષર વડે દર્શાવ્યો છે. રેમની એક બાજુએ તેની

લગભગ આખી લંબાઈ સુધી એક સમાંતર ગાળો GS કાપેલો છે, જેમાં એક સ્ટીલના સેટ સ્ક્રુનો છેડો બેસે છે, જેથી પોકળ કેસીંગ ND જેમાં હાઇડ્રોલીક સીલીન્ડર HC બનાવેલું છે તે ગોળ ફરી ગયા શિવાય તેને ઉપર નીચે ચાલવાનું માર્ગ પ્રદર્શન મળે છે. આ સ્ક્રુને સીલીન્ડર HCની બાજુએ કાસ્ટ કરેલી (ઓતેલી) નીપલનાં મધ્યમાં આંટા પાડી બેસાડેલો છે (જે આકૃતિમાં બતાવ્યો નથી). રેમ Aને મથાળે મોટાં વોશર અને સ્ક્રુ-બોલ્ટની મદદ વડે એક પાણી ચુસ્ત કપ-લેધર પેકીંગ CP બેસાડેલી છે. આ યંત્રનું માથું N અને ઉપલો ભાગ ચોરસ છેદચિત્રનો બનાવેલો છે. આ મથાળાંના પોકળ ભાગમાં પાણી રહેવા માટેનો ખંડ (ટાંકી) WR બનાવેલો છે, જે ખંડમાં સ્ક્રુ-પ્લગ SPને બહાર કાઢી નાના વેહમાંથી પાણી ભરી શકાય છે અથવા ખાલી કરી શકાય છે. આ ઉપલા ભાગની મધ્ય રેખામાં એક નાનો ફોર્સ પમ્પ બેસાડેલો છે, જેનો નીચલો છેડો હાઇડ્રોલીક સીલીન્ડર HCના ઉપલા છેડાનાં મધ્યમાં આંટાથી જોડેલો છે. પ્લન્જરને ચલાવનારી ક્રેંક શાફ્ટ CSના બહાર નીકળેલા ચોરસ છેડા ઉપર બેસાડેલા એક હાથા Lને ઉપર નીચે ચલાવી આ પમ્પને ચલાવવામાં આવે છે. ક્રેંક શાફ્ટના મધ્યના ભાગ સાથે એક ક્રેંક C સજ્જડ કરેલી છે જે ફોર્સ પમ્પના પ્લન્જર Pમાં આપેલા ગાળા સાથે જોડાણમાં છે, તેથી હાથાને ગતિ આપવાથી પમ્પનો પ્લન્જર આઘો પાછો ચાલે છે. પાણીના ખંડનાં જમણા હાથ તરફનાં છેદચિત્રની આકૃતિ અને PB લીટી ઉપરનાં છેદચિત્રની આકૃતિ જોતાં ઇન્લેટ વાલ્વ IV (પાણીના ખંડ અથવા ટાંકીમાંથી પાણીને પમ્પનાં બેરલમાં દાખલ કરવા માટેનો વાલ્વ) અને ડીલીવરી વાલ્વ DV (પમ્પમાંથી પાણીને હાઇડ્રોલીક સીલીન્ડર HCમાં દાખલ કરવા માટેનો વાલ્વ)નાં સ્થાનો દેખાશે. જ્યારે હેડ H અથવા ફુટ સ્ટેપ D ઉપર મુકેલું વજન ઉપાડવું હોય ત્યારે રીલીવીંગ સ્ક્રુ અથવા વાલ્વ RV ટાઇટ કરવામાં આવે છે અને હેન્ડ-લીવર Lની મદદ વડે પમ્પના પ્લન્જરને







PB ઉપરનું છેદચિત્ર

આકૃતિ ૭૯.

ચલાવવામાં આવે છે. પમ્પના પ્લન્જરને ઉપર ચઢાવવાથી પાણીના ખંડ અથવા ટાંકી WRમાંથી પાણી ઈન્લેટ વાલ્વ IV જે અંદરની બાજુએ ઉઘડે છે તેમાંથી થઈને પમ્પનાં બેરલના નીચલા ભાગમાં ખેંચાય છે, અને પ્લન્જરને નીચે દબાવવાથી આ પાણી દબાઈને ડીલીવરી વાલ્વ DV જેને સ્પ્રીંગ વડે બંધ રાખવામાં આવે છે તેમાંથી થઇને હાઇડ્રોલીક સીલીન્ડરમાં જોરથી પસાર થાય છે. આ પ્રમાણે સીલીન્ડરના ઉપલા છેડા અને રેમની વચ્ચેની જગ્યા Bમાં દબાણ ઉત્પન્ન થાય છે, અને તેથી ખાંચાવાળાં હેડ H અને ફુટ–સ્ટેપ D સાથે સીલીન્ડર દબાણ સાથે ઉપર ઉંચકાય છે, અને હેડ H અથવા ફુટ–સ્ટેપ D ઉપર જે કાંઇ વજન અથવા ભાર મુકયેા હશે તે જોઇતી ઉંચાઇએ ઉંચકાશે. જ્યારે પાણી ફુટ–સ્ટેપ Dની પાછળના નાના વેહ આગળથી બહાર નીકળે છે ત્યારે આ જેક તેની લીફ્ટ (lift ઉપાડ)ની પુરેપુરી ઉંચાઇએ હોય છે.

જ્યારે જેકને નીચે ઉતારવેા હોય ત્યારે રીલીવીંગ સ્ક્રુ અથવા વાલ્વ R Vને ઢીલેા કરવામાં આવે છે એટલે ઉઘાડવામાં આવે છે, અને જગ્યા Bમાંનાં પાણી ઉપર દબાણ હોવાથી તેમાંનું પાણી આકૃતિમાં દેખાડેલા માર્ગોમાંથી થઇને પાણીના ખંડ અથવા ટાંકીમાં પાછું વહે છે.

જો, W = ઉપાડવાનું વજન.

P = લીવરને છેડે લાગુ પાડેલું જોર.

p = પમ્પના પ્લન્જર ઉપર P વડે ઉત્પન્ન કરવામાં આવતું દબાણ.

L F = ફલક્રમ અથવા ક્રેંક શાફ્ટનાં મધ્ય Fથી લીવર–હેન્ડલની લંબાઈ.

C F = ફલક્રમ અથવા ક્રેંક શાફ્ટનાં મધ્ય Fથી ક્રેંકની લંબાઇ.

D = રેમનેા વ્યાસ.

d = પમ્પના પ્લન્જરનેા વ્યાસ.

ત્યારે, P × Pનેા લીવરેજ = $p \times p$નેા લીવરેજ.

$$P \times LF = p \times CF$$

$$\therefore p = \frac{P \times LF}{CF}$$

$p : W : :$ પમ્પના પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ : રેમનું ક્ષેત્રફળ

$p : W : : d^2 \times \cdot 7854 : D^2 \times \cdot 7854$

$p : W : : d^2 : D^2$

$$\therefore W = \frac{p\ D^2}{d^2}$$

પણ $p = \dfrac{P \times LF}{CF}$

$$\therefore W = \frac{P \times LF}{CF} \times \frac{D^2}{d^2}$$

અને $P = \dfrac{W \times CF}{LF} \times \dfrac{d^2}{D^2}$

$\therefore$ યાંત્રિક લાભ $= \dfrac{W}{P} = \dfrac{L\,F}{C\,F} \times \dfrac{D^2}{d^2}$

જો એફીશીઅન્સી (કાર્યસાધકત્વ) ધ્યાનમાં લેવામાં આવે તો—

$W = \dfrac{P \times L\,F}{CF} \times \dfrac{D^2}{d^2} \times$ એફીશીઅન્સી.

હાઇડ્રોલીક જેકની એફીશીઅન્સી લગભગ ૮૦ ટકા લઈ શકાય.

દાખલો ૧૪.—એક હાઇડ્રોલીક લીફ્ટીંગ જેકમાં રેમનો વ્યાસ ૨ ઇંચ અને પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે. ફલક્રમથી હાથાની લંબાઈ અને ક્રેંકની લંબાઇ વચ્ચેનું પ્રમાણ ૧૬ : ૧ છે, તો આ જેકનો યાંત્રિક લાભ (મીકેનીકલ એડવાન્ટેજ) શોધો. જો હાથાને છેડે ૭૬ પૌંડનું જોર લાગુ પાડવામાં આવે, તો કેટલું વજન ઉપાડી શકાશે ?

યાંત્રિક લાભ $= \dfrac{W}{P} = \dfrac{LF}{C\,F} \times \dfrac{D^2}{d^2}$

$$= \frac{૧૬}{૧} \times \frac{૨ \times ૨}{૧ \times ૧} = \frac{૬૪}{૧}$$

$$P : W :: ૧ : ૬૪$$

$$૭૬ : W :: ૧ : ૬૪$$

$$\therefore W = ૭૬ \times ૬૪ = \underline{૪૮૬૪ \text{ પૌંડ.}}$$

અથવા,

$$W = \frac{P \times LF}{CF} \times \frac{D^2}{d^2}$$

$$\therefore W = \frac{૭૬ \times ૧૬}{૧} \times \frac{૨ \times ૨}{૧ \times ૧} = \underline{૪૮૬૪ \text{ પૌંડ.}}$$

દાખલો ૧૫.—એક હાઇડ્રોલીક જેકમાં રેમનો વ્યાસ ૪ ઇંચ અને પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ $\frac{3}{4}$ ઇંચ છે. પમ્પને ચલાવવા માટેના લીવરેજનું પ્રમાણ ૧૨ : ૧ છે. જો આ જેકની એફીશીઅન્સી ૮૦ ટકા હોય, તો ૪ ટનનું વજન ઉપાડવા માટે હાથાને છેડે કેટલું જોર લાગુ પાડવું જોઇશે ?

$$P = \frac{W \times CF}{LF} \times \frac{d^2}{D^2}$$

$$= \frac{૪ \times ૨૨૪૦ \times ૧}{૧૨} \times \frac{૩ \times ૩}{૪ \times ૪ \times ૪ \times ૪} = ૨૬{\cdot}૨૫ \text{ પૌંડ}$$

પણ આ જેકની એફીશીઅન્સી ૮૦ ટકા છે, માટે જોઇતું જોર ૮૦ : ૧૦૦નાં પ્રમાણમાં વધશે.

$$\therefore ૮૦ : ૧૦૦ :: ૨૬{\cdot}૨૫ : P$$

$$\therefore P = \frac{૨૬{\cdot}૨૫ \times ૧૦૦}{૮૦} = \underline{૩૨{\cdot}૮૧૨૫ \text{ પૌંડ}}$$

દાખલો ૧૬.—એક હાઇડ્રોલીક લીફ્ટીંગ જેકમાં રેમનો વ્યાસ ૬ ઇંચ અને પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ $\frac{7}{8}$ ઇંચ છે. પમ્પને ચલાવવા માટેના લીવરેજનું પ્રમાણ ૧૦ : ૧ છે, તો આ જેકમાં ગતિનું પ્રમાણ શોધો. પ્રયોગ ઉપરથી માલમ પડ્યું કે જેકનાં હેડ ઉપર મુકેલું ૮૫૦૦ પૌંડનું વજન લીવરના છેડા આગળ લાગુ પાડેલાં ૨૦

મોંડનાં જોર વડે ઉંચકી શકાય છે, તો આ જેકનો યાંત્રિક લાભ શોધી કાઢો; આ યંત્રની એફીશીઅન્સી કેટલી હશે તે શોધો.

$$\frac{W}{P} = \frac{LF}{CF} \times \frac{D^2}{d^2} = \frac{૧૦}{૩} \times \frac{૨ \times ૬ \times ૮ \times ૮}{૭ \times ૪} = \frac{૪૭૦૨}{૧}$$

P ની ગતિ : W ની ગતિ :: W : P

:: ૪૭૦૨.૨ : ૧

$$\text{યાંત્રિક લાભ} = \frac{W}{P} = \frac{૮૫૦૦}{૨૦} = \frac{૪૨૫}{૧}$$

૪૭૦૨.૨ : ૪૨૫ :: ૧૦૦ : E

$$\therefore E = \frac{૪૨૫ \times ૧૦૦}{૪૭૦૨.૨} = ૯૦.૩૮ \text{ ટકા}$$

અથવા,

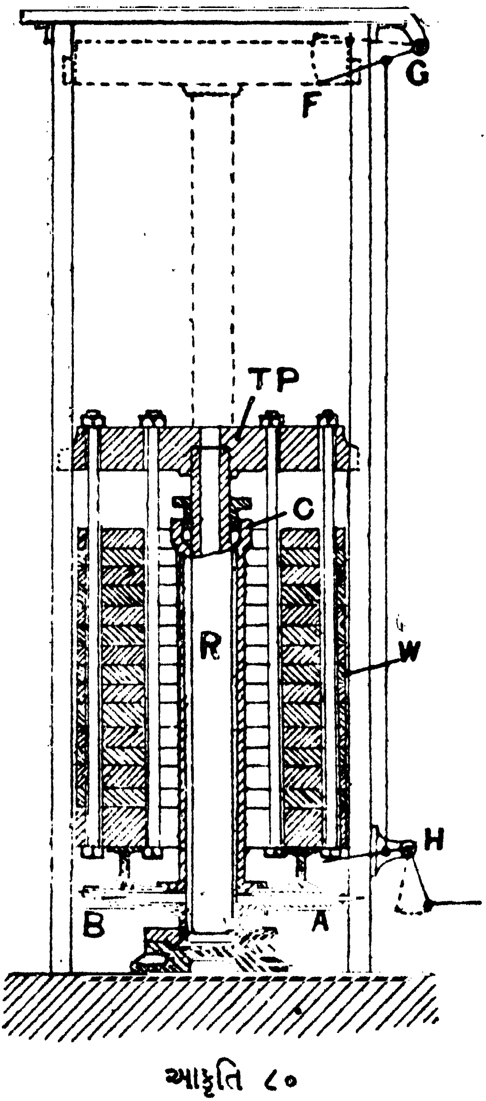
$$\text{એફીશીઅન્સી } E = \frac{\text{ખરેખર યાંત્રિક લાભ}}{\text{થીઅરી પ્રમાણેનો યાંત્રિક લાભ}} \times ૧૦૦$$

$$= \frac{૪૨૫}{૪૭૦૨.૨} \times ૧૦૦ = ૯૦.૩૮ \text{ ટકા}$$

હાઈડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટર (Hydraulic Accumulator).—હાઈડ્રોલીક એલીવેટર્સ, ક્રેન્સ, ડોક-ગેટ્સ, પ્રેસો, પંચીંગ અને રીવેટીંગ મશીનો, વોટર પ્રેશર એન્જીનો, વિગેરે ચલાવવા માટે દબાણવાળાં પાણીની શક્તિની માંગણી આંતરે આંતરે થતી હોય છે— એક વેળા સૌથી વધુ દબાણે પાણીના પુરેપુરા જથ્થાની જરૂર પડે છે, બીજી વેળા મધ્યમ જથ્થાની જરૂર પડે છે, અને ઘણી વેળાએ જ્યારે સઘળાં મશીનો બંધ હોય છે ત્યારે પાણીના જથ્થાની બીલકુલ જરૂર હોતી નથી. આ ઉપરથી માલમ પડશે કે જો પાણીનો આ જથ્થો પુરો પાડવા માટે પમ્પો સાથનાં એન્જીનનો ઉપયોગ સીધી રીતે કરવામાં આવે, તો તે એન્જીન અને પમ્પોની શક્તિ એક જગ્યાએ જોડેલાં સઘળાં હાઈડ્રોલીક મશીનો ચલાવવા માટે જોઈએ

વેળાએ સૌથી વધુમાં વધુ જેટલી શક્તિની જરૂર પડે તેટલી પુરતી હોવી જોઈએ, અને તે શક્તિ દરેક વખતે અને કોઈપણ વેળાએ તે મશીનો ચલાવવા માટેની માંગણીને પહોંચી વળવી જોઈએ. એટલે બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો એન્જીન અને પમ્પો એટલાં પુરતાં કદનાં હોવાં જોઈએ કે જેથી સઘળાં મશીનો જરૂર પડે ત્યારે એકી વેળાએ કોઈ પણ વખતે ચલાવી શકાય. લીફ્ટ, વિગેરે માટે જ્યાં ઓછાં દબાણવાળાં પાણીની જરૂર હોય છે ત્યાં જે મકાનમાં લીફ્ટ (માણસો, સામાન, વિગેરેને મકાનનાં ભોંયતળિયાંથી ઉપલા માળો ઉપર લઇ જવા માટેનું યંત્ર) જોઈતી હોય તે મકાનના સૌથી ઉંચા ભાગને મથાળે એક ટાંકી અને મકાનનાં ભોંયતળિયાંની સપાટીની હેઠળ બીજી ટાંકી ગોઠવીને આ હેતુ પાર પાડવામાં આવે છે. ત્યાર પછી ભોંયતળિયેની ટાંકીમાંથી મથાળેની ટાંકીમાં પાણીને થોડે ઘણે અંશે ચાલુ ચઢાવવા માટે નાનાં ગેસ અથવા ઓઇલ એન્જીન અથવા ઇલેક્ટ્રીક મોટર વડે પટાની મદદથી ચલાવવામાં આવતા પમ્પ અથવા વર્થીંગ્ટન ડુપ્લેક્સ સ્ટીમ પમ્પનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. મથાળે મુકેલી ટાંકીમાંનાં પાણીનો "હેડ" જો પુરતો હશે, તો લીફ્ટને જોઇતી ઝડપે ચલાવશે, અને લીફ્ટનાં હાઇડ્રોલીક સીલીન્ડરમાંથી વપરાઇને બહાર નીકળતું પાણી ભોંયતળિયાંની હેઠળ બેસાડેલી ટાંકીમાં પસાર થશે, જે પાણીને લીફ્ટને ચલાવવા માટે ફરી ફરીને પાછું ઉપલી ટાંકીમાં ચઢાવવામાં આવશે. જો લીફ્ટ કેટલોક વખત સુધી બંધ રહે ત્યારે પમ્પને ગેસ અથવા ઓઇલ એન્જીન વડે ચલાવનારા પટા માટેના ખસી શકે એવા ફોર્ક (ચીપીઆ) સાથે દોરડાં અથવા સાંકળ વડે જોડેલો ઉપલી ટાંકીમાં આપેલો એક ફ્લોટ (float) પટાને લુસ પુલી ઉપર ખસેડશે અથવા વર્થીંગ્ટન પમ્પનો સ્ટીમ વાલ્વ બંધ કરી તેમાં દાખલ થતી વરાળ બંધ કરશે, જેથી પમ્પો ચાલતા પોતાની મેળે અટકી જશે, જ્યારે લીફ્ટને ચાલુ કરવામાં આવે ત્યારે ઉપલી ટાંકીમાંનું પાણી લીફ્ટનાં હાઇડ્રોલીક સીલીન્ડરમાં દાખલ થવા માંડવાથી તે ટાંકીમાંનાં પાણીની સપાટી

નીચે ઉતરવાથી તે ટાંકીમાં આપેલો ફ્લોટ પણ નીચે ઉતરવા માંડશે, જેથી દોરડાં અથવા સાંકળને હવે ઉલટી ગતિ મળશે, તેથી કોર્ક ઉલટી દિશામાં ખસી પટાને ફ્રાસ્ટ પુલી ઉપર લાવશે અથવા સ્ટીમ વ્વાલ્વને ઉઘાડશે અને પમ્પને ચાલુ કરશે.



આકૃતિ ૮૦

પણ ક્રેન, વિગેરે ચલાવવા માટે જ્યાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનાં પાણીનાં દબાણને ઘણું સાધારણ લેખવામાં આવે છે ત્યાં આટલું મોટું દબાણ ઉંચે ગોઠવેલી ટાંકી વડે મેળવવું અશક્ય છે, કારણ કે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનું દબાણ મેળવવા માટે ટાંકીને ઓછામાં ઓછી ૧૬૦૦ ફુટની ઉંચાઇએ ગોઠવવી પડે છે અને તેમ કરવું અશક્ય હોય છે. આવા સંજોગો હેઠળ જે માર્ગ રહે છે તે એ છે કે એવાં કામો માટે એક સાદી અને નાની જગ્યામાં રહી શકે એવી રચના જેને "એકયુમ્યુલેટર" કહે છે તે વાપરવી જોઈએ. આકૃતિ ૮૦માં હાઇડ્રોલીક એકયુમ્યુલેટરની સાધારણ રચના બતાવી છે. આ કામ માટે જે પમ્પીંગ એન્જીન વપરાય

છે. તે જોડીમાં (in pairs) બનાવવામાં આવે છે. પમ્પની ડીલીવરી પાઇપ A ને એક્યુમ્યુલેટરનાં સીલીન્ડરનાં તળીયા આગળ જોડેલી છે. પમ્પ પાણીને જોરથી દબાવી આ પાઇપ A ને રસ્તે એક્યુમ્યુલેટરનાં સીલીન્ડર Cમાં દાખલ કરે છે, અને તે સીલીન્ડરમાંના રેમ Rને તેને મથાળે જોડેલા ક્રોસ હેડ અથવા ટી (T) આકારના ભાગ TP અને TPની નીચલી બાજુએ લટકાવેલાં વજનો W અથવા ડેડ લોડ (dead load) સાથે જ્યાં સુધી રેમ પોતાના સ્ટ્રોકને છેડે F આગળ પહોંચે ત્યાં સુધી ઉપર ચઢાવે છે. સ્થાન F સુધી ઉંચે ચઢાવેલાં વજનો બદ્ધ શક્તિ એટલે પોતેન્શીઅલ એન્ર્જીનો ભંડાર છે, જે શક્તિને મરજી પડે ત્યારે ક્રેન વિગેરે ચલાવવા માટે સીલીન્ડરનાં તળીયાં આગળ જોડેલી પાઇપ B મારફતે પુરી પાડવામાં આવે છે. લીવરો G અને H વડે પમ્પ પોતાની મેળે ચાલુ અને બંધ થાય છે. બેલ ક્રેંક લીવર H ના એક આર્મનું જોડાણ એક રોડની મદદ વડે પમ્પીંગ એન્જીનના થ્રોટલ વાલ્વ સાથે અથવા જો પમ્પને એન્જીન ઉપરથી પુલીઓ અને પટા વડે ચલાવવામાં આવતો હોય તો પટાને ખસેડનારાં ગીઅર સાથે કરેલું છે. મથાળેનાં લીવર G અને તળીયેનાં બેલ ક્રેંક લીવર H ને એક ઉભા રોડ વડે એકેક સાથે જોડેલાં છે. જ્યારે રેમ તેનાં સૌથી ઉંચા સ્થાન Fની નજદીક આવે છે ત્યારે લીવર G ટી આકારના ભાગ સાથે અડકી જઇ અંકિત લીટીમાં દેખાડયા પ્રમાણેનાં સ્થાને ઉંચકાય છે, જેથી નીચલાં બેલ ક્રેંક લીવર Hનો ડાબા હાથ તરફનો આર્મ પણ ઉંચકાય છે, તેથી બેલ ક્રેંક લીવરનો બીજો આર્મ પમ્પીંગ એન્જીનના થ્રોટલ વાલ્વ સાથે જોડેલા અથવા પટાને ખસેડનારાં ગીઅર સાથે જોડેલા રોડને ડાબી તરફ અંકિત લીટીમાં દેખાડયા પ્રમાણેનાં સ્થાને ખેંચી થ્રોટલ વાલ્વ બંધ કરી નાંખે છે અથવા પટાને ફાસ્ટ પુલી ઉપરથી લુસ પુલી ઉપર ખસેડે છે, જેથી પમ્પ પોતાની મેળે ચાલતો અટકી જાય છે. હવે એકયુમ્યુલેટરનાં સીલીન્ડરમાં જે પાણીને વજનો W વડે દબાવી રાખેલું છે તે પાણી

જ્યારે ક્રેન અથવા બીજાં યંત્રો ચાલુ કરવાથી વપરાશ વધે છે ત્યારે રેમ ઉપર લાદેલાં વજનો અથવા ડેડ લોડ Wના ભારથી રેમ નીચે ઉતરી પાણી ઉપરનો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ દબાણને એકસરખું (નિયત) રાખે છે. જ્યારે રેમ તે ઉપર લાદેલાં વજનો સાથે તેનાં નીચલાં સ્થાનની નજદીક આવે છે ત્યારે વજનોમું તળીયું બેલ ક્રેંક લીવર Hનાં ડાબા હાથ તરફના આર્મ સાથે અઠડી જઈ રેમ અને વજનો સાથે આકૃતિમાં દેખાડયા પ્રમાણેનાં સ્થાને નીચે આવે છે, તેથી બેલ ક્રેંક લીવરનો બીજો આર્મ પમ્પીંગ એન્જીનના થ્રોટલ વાલ્વ સાથે અથવા પટાને ખસેડનારાં ગીઅર સાથે જોડેલા રોડને જમણી તરફ ખસેડી થ્રોટલ વાલ્વ ઉઘાડે છે અથવા પટાને લુસ પુલી ઉપરથી ફાસ્ટ પુલી ઉપર ખસેડે છે, પરિણામે પમ્પ પોતાની મેળે ચાલુ થઈ જાય છે. જો હાઇડ્રોલીક મશીનો, જેવાં કે, ક્રેન, વિગેરે ચાલુ કાર્ય કરતાં હોય ત્યારે એકયુમ્યુલેટરનો રેમ સૌથી નીચલાં સ્થાને રહે છે અને તેથી પમ્પ ચાલુ રહે છે, કારણ કે હવે પમ્પમાંનું પાણી ક્રેનો, વિગેરેમાં સીધું દાખલ થાય છે, અને જો પમ્પ વડે પુરાં પાડવામાં આવતાં પાણીનો જથ્થો મશીનો ચલાવવા માટે જોઈતા પાણીના જથ્થા કરતાં વધુ હોય છે ત્યારે તે વધારાનો જથ્થો એકયુમ્યુલેટરનાં સીલીન્ડરમાં જાય છે.

કેટલાક હાઇડ્રોલીક એકયુમ્યુલેટરમાં વજનો Wને બદલે રેમને મથાળે બેસાડેલા ટી આકારના ભાગ TPની નીચલી બાજુએથી એક લોઢાનો નળો લટકાવવામાં આવે છે, જે નળામાં લોખંડના રદ્દી ટુકડાઓ, લોખંડનો મેલ (slag), અથવા રેતી, અથવા બીજા નકામા વજનદાર પદાર્થો ભરવામાં આવે છે. નળાનું અને તેમાં ભરેલા પદાર્થોનું વજન રેમ ઉપર ડેડ લોડ તરીકે કાર્ય કરે છે.

એકયુમ્યુલેટરનાં સીલીન્ડર Cના ઉપલા છેડા આગળ એક સ્ટફીંગ બોકસ અને ગ્લેન્ડ આપેલાં છે. આ સ્ટફીંગ બોકસમાં સણની મજબુત ગુંથેલી પેકીંગ વ્હાઈટ લેડ (સફેદો) લગાડી ભરવામાં આવે છે, અને જ્યાં સુધી સીલીન્ડરમાંનાં પાણીનું ચાલુ દબાણ ગળી જઈ શકે

નહી ત્યાં સુધી આ પેકીંગનાં મથાળાં ઉપર ગ્લેન્ડને સ્ટડો અને નટોની મદદ વડે નીચે ઉતારી પેકીંગને સજ્જડ કરવામાં આવે છે. એકયુ-મ્યુલેટરના આ સાદા આકાર માટે કપ–લેધર પેકીંગ ભાગ્યેજ વપરાય છે. પમ્પના સ્ટફીંગ બોકસ માટે વપરાતી સાધારણ પેકીંગ એકયુમ્યુ-લેટરનાં સીલીન્ડરના સ્ટફીંગ બોકસ માટે ચાલી શકે છે.

હાઇડ્રોલીક ક્રેનો અને લીફ્ટો ચલાવવા માટે જોઈતું સાધારણ દબાણ દર ચોરસ ઈંચ દીઠ લગભગ ૭૦૦ પૌંડ હોય છે, અને હાઇડ્રોલીક રીવેટીંગ મશીનો માટે દબાણ વારંવાર દર ચો. ઇંચ દીઠ ૨૦૦૦ પૌંડનું હોય છે, અને હાઇડ્રોલીક પ્રેસો માટે તે લગભગ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨થી ૩ ટનનું હોય છે.

જ્યારે આપણે રેમ ઉપર કાર્ય કરતું દબાણ જાણતા હોઇએ, અને રેમનો વ્યાસ તથા સ્ટ્રોક આપેલા હોય ત્યારે તે રેમની શક્તિ (એનર્જી) નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય છે:—

ધારો કે, D = રેમનો વ્યાસ ઇંચમાં,

S = સ્ટ્રોકની લંબાઇ ફુટમાં,

અને P = દર ચોરસ ઇંચ દીઠ રેમ ઉપરનું દબાણ પૌંડમાં.

ત્યારે, રેમની શક્તિ (એનર્જી) = રેમ ઉપરનું પાણીનું કુલ દબાણ × સ્ટ્રોક = $D^{2} \times \cdot ૭૮૫૪ \times P \times S$.

જો એકયુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ આપેલો હોય, તો એકયુમ્યુલેટર ઉપરના આપેલા લોડ વડે મળતું પાણીનું દબાણ નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય:—

ધારો કે, P = એકયુમ્યુલેટરના રેમ ઉપરનું દબાણ દર ચો. ઇંચ દીઠ પૌંડમા,

d = એકયુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ ઇંચમાં,

અને L = લાધેલું વજન અથવા ડેડ લોડ પૌંડમાં.

ત્યારે, $P \times d^{2} \times \cdot ૭૮૫૪ = L$

$$\therefore P = \frac{L}{d^{2} \times \cdot ૭૮૫૪}$$

$$= \frac{L}{\text{રેમનું ક્ષેત્રફળ}}$$

$$\text{અને રેમનું ક્ષેત્રફળ} = \frac{L}{P}$$

દાખલો ૧૭.—એક હાઈડ્રોલીક એકયુમ્યુલેટરમાં રેમનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે અને તે ઉપર લાધેલું વજન ૩૬ ટન છે, તો પાણીનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ શોધો.

$$P \times d^2 \times \cdot ૭૮૫૪ = L$$

$$P \times ૧૨ \times ૧૨ \times \cdot ૭૮૫૪ = ૩૬ \times ૨૨૪૦$$

$$\therefore P = \frac{૩૬ \times ૨૨૪૦}{૧૨ \times ૧૨ \times \cdot ૭૮૫૪} = \underline{\text{૭૧૩ પૌંડ દર ચો. ઈં. દીઠ.}}$$

દાખલો ૧૮.—એક હાઇડ્રોલીક એકયુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ ૮ ઇંચ છે, તો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનું દબાણ ઉત્પન્ન કરવા માટે કેટલું વજન લાધવું જોઈશે?

$$\text{વજન ટનમાં} = \frac{૮ \times ૮ \times \cdot ૭૮૫૪ \times ૭૦૦}{૨૨૪૦} = \underline{\text{૧૫·૭૦૮ ટન}}$$

દાખલો ૧૯.—એક હાઇડ્રોલીક એકયુમ્યુલેટરના રેમ ઉપર લાધેલું વજન ૧૨૦ ટન છે, તો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૦૦૦ પૌંડનું દબાણ મેળવવા માટે રેમનો વ્યાસ કેટલો જોઇશે?

$$P \times d^2 \times \cdot ૭૮૫૪ = \text{લાધેલું વજન}$$

$$૨૦૦૦ \times d^2 \times \cdot ૭૮૫૪ = ૧૨૦ \times ૨૨૪૦$$

$$\therefore d^2 = \frac{૧૨૦ \times ૨૨૪૦}{૨૦૦૦ \times \cdot ૭૮૫૪} = \underline{૧૭૧\cdot ૧૨૨૯}$$

$$\therefore d = \sqrt{૧૭૧\cdot ૧૨૨૯} = \underline{\text{૧૩·૦૮ ઇંચ.}}$$

દાખલો ૨૦.—૧૬ ઇંચ વ્યાસના રેમ સાથના એક હાઇડ્રોલીક એકયુમ્યુલેટરને એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસ સાથે જોડેલો છે. પ્રેસના રેમનો વ્યાસ ૨૬ ઇંચ છે. એકયુમ્યુલેટર ઉપરનો લોડ (વજન) ૮૦ ટન છે, તો પ્રેસ કેટલાં જોરથી દબાણ કરશે તે શોધો.

એકયુમ્યુલેટરના રેમ ઉપરનું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ

$$\text{દબાણ ટનમાં} = \frac{\text{E}}{\text{રેમનું ક્ષેત્રફળ}} = \frac{૮૦}{૧૬ \times ૧૬ \times ·૭૮૫૪}$$

આ દબાણનું સંચારણ પ્રેસના રેમના દર ચો. ઇંચ ઉપર થશે.

∴ પ્રેસની રેમ ઉપરનું કુલ દબાણ

$$= \frac{૮૦}{૧૬ \times ૧૬ \times ·૭૮૫૪} \times ૨૬ \times ૨૬ \times ·૭૮૫૪$$

$$= \frac{૮૪૫}{૪} = \underline{૨૧૧·૨૫ \text{ ટન}}$$

જ્યારે વોટર પ્રેશયોર એન્જીનને ચલાવવા માટે, હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટર વપરાય છે, ત્યારે તે એન્જીનના હોર્સપાવર જે રીતે સ્ટીમ એન્જીનના હોર્સપાવર શોધવામાં આવે છે તેજ રીતે શોધી શકાય છે, અને તે માટેની ફોરમ્યુલા નીચે પ્રમાણે છે:—

$$\text{હોર્સપાવર} = \frac{\text{PALN}}{૩૩૦૦૦}$$

દાખલો ૨૧.—એક હાઇડ્રોલીક એકયુમ્યુલેટર જેના રેમનો વ્યાસ ૧૫ ઇંચ છે તે ઉપર ૫૦ ટનનું વજન લાદેલું છે. આ એકયુમ્યુલેટરમાંથી દબાણવાળાં પાણીને એક સીંગલ–એક્ટીંગ વોટર–પ્રેશયોર એન્જીનમાં પુરૂં પાડી તેને ચલાવવામાં આવે છે. આ એન્જીનના પીસ્તન–પ્લન્જરનો વ્યાસ ૪ ઇંચ છે, સ્ટ્રોક ૧૨ ઇંચનો છે, અને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા ૬૦ છે, તો તે એન્જીન વડે ઉત્પન્ન થતા હોર્સપાવર શોધો.

એકયુમ્યુલેટરના રેમ ઉપરનું દર ચોરસ ઇંચ દીઠ

$$\text{દબાણ} = \frac{૫૦ \times ૨૨૪૦}{૧૫ \times ૧૫ \times ·૭૮૫૪} = \frac{૪૪૮૦}{૭·૦૬૮૬} \text{ પૌંડ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ}$$

આ દબાણ સીંગલ–એક્ટીંગ વોટર–પ્રેશયોર એન્જીનના પીસ્તન–પ્લન્જર ઉપર કાર્ય કરશે.

$$\therefore \text{હોર્સપાવર} = \frac{PALN}{33000}$$

= [illegible]

= [illegible] હોર્સપાવર.

દાખલો ૨૨.—ધારો કે હાઇડ્રોલિક એક્યુમ્યુલેટરમાં [illegible] મીનીટ સુધી પાણીને પુરૂં પાડવામાં આવ્યું છે [illegible] દાખલા ૨૧માં આપેલું એન્જીન તેજ એક્યુમ્યુલેટર વડે ચાલુ હોય, ત્યારે તે અરસા દરમ્યાન એક્યુમ્યુલેટરનો રેમ કેટલો નીચે ઉતરશે?

ધારો કે S = એક્યુમ્યુલેટરનો રેમ એક મીનીટમાં જેટલે અંતરે નીચે ઉતરે તે અંતર ફુટમાં.

એક મીનીટમાં એક્યુમ્યુલેટરનો રેમ જેટલી શક્તિ વોટર-પ્રેશર એન્જીનને આપશે તેટલીજ શક્તિ તે એન્જીન તેટલાજ વખતમાં ઉત્પન્ન કરશે.

એક મીનીટમાં એક્યુમ્યુલેટરમાંથી એન્જીનને પુરી પાડવામાં આવતી શક્તિ = ૫૦ × ૨૨૪૦ × S.

એક મીનીટમાં એન્જીને ઉત્પન્ન કરેલી

$$\text{શક્તિ} = \frac{૪૪૮૦ \times ૪ \times ૪ \times [illegible] \times ૧ \times ૧૦}{[illegible]}$$

$$\therefore ૫૦ \times ૨૨૪૦ \times S = \frac{૪૪૮૦ \times ૪ \times ૪ \times [illegible] \times ૧ \times ૧૦}{[illegible]}$$

$$\therefore S = \frac{[illegible]}{[illegible] ૫૦ \times ૨૨૪૦}$$

= [illegible] ફુટ.

દાખલો ૨૩.—એક હાઇડ્રોલીક ક્રેનમાં [illegible] દર ચોરસ ઇંચ દીઠ [illegible] પાઉન્ડના દબાણથી પાણી પુરૂં પાડવામાં આવે છે અને ૧૫ ટનના વજનને ૧૮ ફુટની ઉંચાઇએ ઉપાડવામાં ૧૧ ઘનફુટ પાણી વપરાય છે,

તો ક્રેનને કેટલી શક્તિ પુરી પાડવામાં આવી હશે અને કેટલી શક્તિ વ્યર્થ ગઈ હશે ?

કોઈ પણ દબાણવાળાં એક ઘનફુટ પાણી વડે મળતી શક્તિ ફુટ–પૌંડમાં = દર ચોરસ ફુટ દીઠ દબાણ પૌંડમાં × ૧ ફુટ.

∴ દર ચો. ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનાં દબાણવાળાં એક ઘન ફુટ પાણી વડે મળતી શક્તિ = ૭૦૦ × ૧૪૪ × ૧ = ૧૦૦૮૦૦ ફુટ–પૌંડ.

∴ ૧૧ ઘનફુટ પાણી વડે ક્રેનને આપવામાં આવતી શક્તિ
= ૧૦૦૮૦૦ × ૧૧ = ૧૧૦૮૮૦૦ ફુટ–પૌંડ.

ક્રેન વડે થયલું કામ = ૧૫ × ૨૨૪૦ × ૧૮ = ૬૦૪૮૦૦ ફુટ–પૌંડ.

∴ વ્યર્થ ગયલી શક્તિ = ૧૧૦૮૮૦૦ – ૬૦૪૮૦૦ = ૫૦૪૦૦૦ ફુટ-પૌંડ.

એકસરસાઈઝ ૧૦મી

૧. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ ૨ ઇંચ અને રેમનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે. જો પ્લન્જર ઉપર કુલ દબાણ ૧૨૦ પૌંડનું હોય, તો સમતોલપણું જાળવવા માટે રેમ ઉપર કેટલું વજન મુકવું જોઇશે ? જો રેમ ૧ ફુટ જેટલું અંતર ચાલે, તો પ્લન્જર કેટલો ચાલશે, અને કામ કેટલું થશે ?

૨. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં પ્લન્જરનો વ્યાસ $૧\frac{૩}{૪}$ ઇંચ છે અને રેમનો વ્યાસ ૧૫ ઇંચ છે, તો રેમ ઉપર ૪ ટનનું દબાણ મેળવવા માટે પ્લન્જર ઉપર કેટલું દબાણ લાગુ પાડવું જોઇશે ? જો પ્લન્જર ૧ ફુટ નીચે ઉતરે, તો રેમ કેટલો ઉપર ચઢશે ?

૩. પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ ૩ ચોરસ ઇંચ છે અને રેમનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે. જો પ્લન્જર ઉપરનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૩૦ પૌંડ હોય, તો રેમ ઉપરનું કુલ દબાણ શોધો.

૪. પ્લન્જર ઉપરનું દબાણ ૨૦ પૌંડ છે, અને રેમ ઉપરનું દબાણ ૨ ટન છે. જો રેમનો વ્યાસ ૧૪ ઇંચ હોય, તો પ્લન્જરનો વ્યાસ કેટલો હશે ?

૫. એક પ્રેસના ફોર્સ પમ્પમાં પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ ૧/૩ ચોરસ ઇંચ છે. ફુલક્રમથી લીવરની લંબાઈ ૨ ફુટ છે, અને ફુલક્રમથી પ્લન્જર સુધીનું અંતર ૨ ઇંચ છે. જ્યારે લીવરને છેડે ૨૦ પૌંડનું વજન લટકાવવામાં આવે ત્યારે પ્લન્જરની હેઠળ પાણી ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલું દબાણ ઉત્પન્ન થશે?

૬. એક પ્રેસના રેમનો વ્યાસ પમ્પના પ્લન્જરના વ્યાસથી ૮ ગણો મોટો છે. જો પમ્પના પ્લન્જર ઉપરનું દબાણ ૪૦ પૌંડ હોય, તો રેમ ઉપરનું દબાણ શોધો.

૭. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના ફોર્સ પમ્પના પ્લન્જરને ચલાવનારૂં જોર જે લીવરને છેડે લાગુ પાડવામાં આવે છે તે ૧૪ : ૧નો યાંત્રિક લાભ આપે છે. પમ્પના પ્લન્જરનું ક્ષેત્રફળ ૧ ચોરસ ઇંચ છે, તો પ્રેસનાં સીલીન્ડરમાં ઘેરાયલાં પાણી ઉપર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧ ટનનું દબાણ ઉત્પન્ન કરવા માટે લીવરને છેડે કેટલા પૌંડનું જોર લાગુ પાડવું જોઈએ?

૮. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના ફોર્સ પમ્પને ચલાવનારાં લીવરની લંબાઈ ફુલક્રમથી ૮ ફુટ છે, અને પ્લન્જરને લીવર સાથે જે બિંદુ આગળ જોડેલો છે તે બિંદુ ફુલક્રમથી ૬ ઇંચ દુર છે. પ્લન્જરનો વ્યાસ ૨ ઇંચ અને રેમનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે. તો પ્રેસમાં મુકેલી વસ્તુને રેમ વડે ૫ ટનનાં દબાણથી દબાવવા માટે લીવરને છેડે કેટલું જોર લાગુ પાડવું જોઈએ તે શોધો. વળી રેમને ૧/૪ ઇંચ ઉપર ચઢાવવા માટે જોરને કેટલી ચાલ આપવી પડશે તે શોધો.

૯. મોટા હાઇડ્રોલીક પ્રેસનાં સીલીન્ડરનું તળીયું ચપટું રાખવાને બદલે શા માટે અર્ધ ગોળાકાર બનાવવામાં આવે છે તે સમજાવો. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના રેમ વડે ૮ ટનનાં વજનને ૧૫ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડવામાં આવે છે. રેમને ચલાવવા માટે જે હાઇડ્રોલીક મેન પાઈપ (મુખ્ય નળી)માંથી પાણી પુરૂં પાડવામાં આવે છે તેમાંનો પાણીનો "હેડ" ૧૬૦૦ ફુટ છે. જો મીકેનીકલ એફીશીઅન્સી ૭૫ ટકા હોય, તો રેમનું વોલ્યુમ કેટલું હોવું જોઇએ?

૧૦. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસ માટેના પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે, અને લીવરેજનું પ્રમાણ ૧૦ : ૧ છે, તો પમ્પના લીવરને છેડે ૫૬ પૌંડનું જોર લાગુ પાડી પ્રેસના રેમ વડે ૧૦૦ ટનનું દબાણ મેળવવા માટે તે રેમનો ઓછામાં ઓછો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઇએ?

૧૧. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં થીઅરી પ્રમાણે પ્લન્જર અને રેમ વડે મળતો યાંત્રિક લાભ ૧૪૪ : ૧ છે, તો પ્લન્જર અને રેમના વ્યાસોનું પ્રમાણ કેટલું હશે?

૧૨. એક હાઇડ્રોલીક કંપનીની મેન પાઇપ (મુખ્ય નળી)માં પાણીનું દબાણ દર ચો. ઇંચ દીઠ ૧૦૦૦ પૌંડ છે, અને હાઇડ્રોલીક મશીનો ચલાવવામાં તે પાઇપમાંથી દર મીનીટે ૩૦ ઘન ફુટ પાણી વહે છે, તો આ કેટલા હોર્સપાવર દર્શાવે છે. જો આ પાણી માટે હાઇડ્રોલીક કું. દર ૧૦૦૦ ગેલન દીઠ રૂ ૧—૪ આના કિંમત લે, તો દર હોર્સપાવર—અવર દીઠ શું કિંમત પડશે?

૧૩. એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસના ફોર્સ પમ્પનાં લીવર વડે મળતો યાંત્રિક લાભ ૧૨ : ૧ છે. પમ્પનાં લીવરને છેડે ૪૦ પૌંડનું જોર લાગુ પાડી પ્રેસના રેમ વડે ૪ ટનનું દબાણ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે, તો પ્લન્જર અને રેમના વ્યાસોનું પ્રમાણ કેટલું હશે?

૧૪. બે પમ્પ સાથના એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસમાં પ્લન્જરના વ્યાસો ૩ ઇંચ અને ૧ ઇંચ છે, અને દરેક પ્લન્જરને એકજ સરખાં લીવર વડે ચલાવવામાં આવે છે, અને દરેક લીવર ઉપર એકજ સરખું જોર લાગુ પાડવામાં આવે છે. જ્યારે માત્ર નાનો પમ્પ ચલાવવામાં આવે છે ત્યારે પ્રેસના રેમ ઉપરનું દબાણ ૧૨૦ ટન છે, તો જ્યારે મોટો પમ્પ ચલાવવામાં આવે ત્યારે રેમ ઉપર કેટલું દબાણ હશે?

૧૫. એક હાઈડ્રોલીક પ્રેસમાં પમ્પનાં લીવરને છેડે ૫૦ પૌંડનું જોર લાગુ પાડી પ્રેસના રેમ ઉપર ૮ ટનનું દબાણ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ ૩ ઇંચ અને રેમનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે, તો પમ્પના પ્લન્જરને ચલાવનારાં લીવર વડે કેટલો યાંત્રિક લાભ મળતો હશે?

૧૬. એક હાઈડ્રોલીક લીફ્ટીંગ જેકમાં રેમનો વ્યાસ ૪ ઇંચ છે અને પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ $\frac{3}{4}$ ઇંચ છે. પમ્પને ચલાવવા માટેનો લીવરેજ ૧૨ : ૧ છે, તો આ જેકમાં ગતિનું પ્રમાણુ કેટલું હશે ? પ્રયોગ ઉપરથી માલમ પડ્યું કે પમ્પને ચલાવનારાં લીવરને છેડે લાગુ પાડેલાં ૨૪ પૌંડનાં જોર વડે જેકનાં હેડ ઉપર મુકેલાં ૩ ટનનાં વજનને ઉંચકી શકાય છે, તો આ જેકનો યાંત્રિક લાભ કેટલો હશે ? વળી આ યંત્રની એફીશીઅન્સી શોધો.

૧૭. એક હાઈડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરની આકૃતિ દોરી તેની રચનાનું વર્ણન કરો. જો આ એક્યુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ ૧૭ ઇંચ હોય, તો દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનાં દબાણવાળું પાણી મેળવવા માટે તેના રેમ ઉપર કેટલું વજન લાધવું જોઈએ ?

૧૮. એક હાઈડ્રોલીક પ્રેસના પમ્પના પ્લન્જરને એક એક્સેન્ટ્રીક વડે ચલાવવામાં આવે છે. એક્સેન્ટ્રીકનો થ્રો ૩$\frac{1}{2}$ ઇંચ છે. જે શાફ્ટ ઉપર એક્સેન્ટ્રીકને ચાવીથી સજ્જડ કરેલી છે તે શાફ્ટના બહારના છેડા આગળ બનાવેલા ચોરસ ભાગ ઉપર ૧૪ ઇંચ લાંબો એક લીવર–હેન્ડલ બેસાડેલો છે. પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧$\frac{1}{4}$ ઇંચ છે અને પ્રેસના રેમનો વ્યાસ ૯ ઇંચ છે, તો પ્રેસમાં મુકેલી વસ્તુ ઉપર ૪ ટનનું દબાણ આપવા માટે લીવર–હેન્ડલને છેડે કેટલું જોર લાગુ પાડવું જોઈએ ?

૧૯. એક હાઈડ્રોલીક જેકની છેદનાકૃતિ દોરી તેની રચના અને કાર્યનું વર્ણન કરો, અને તેમાં દબાણને કેવી રીતે કાઢી લઈ વજનને ધીમે ધીમે નીચે ઉતારવામાં આવે છે ? જો જેકના રેમનો વ્યાસ ૨ ઇંચ અને પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ $\frac{1}{2}$ ઇંચ હોય, અને હાથા વડે મળતો યાંત્રિક લાભ ૧૦ હોય, તો ઘર્ષણ ધ્યાનમાં ન લેતાં કુલ યાંત્રિક લાભ કેટલો હશે ?

૨૦. એક હાઈડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ ૬ ઇંચ છે અને તે ઉપર લાધેલો લોડ (વજન) ૧૪૧૪૦ પૌંડ છે, તો તે

એકયુમ્યુલેટરમાંથી હાઈડ્રોલીક મશીનોમાં દર ચોરસ ઈંચ દીઠ કેટલા પૌંડનાં દબાણે પાણી પુરૂં પાડી શકાશે અને આ દબાણ પાણીના કેટલા "હેડ"ને મળતું છે?

૨૧. એક હાઈડ્રોલીક એકયુમ્યુલેટરના રેમ ઉપર લાધેલું વજન ૭૦ ટન છે, તો દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૧૨૦૦ પૌંડનાં દબાણવાળું પાણી મેળવવા માટે તે એકયુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ કેટલો રાખવો જોઈએ?

૨૨. એક હાઈડ્રોલીક ક્રેનને ચલાવવા માટે તેમાં દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનાં દબાણવાળું પાણી પુરૂં પાડવામાં આવે છે અને ૪ ટનનાં વજનને ૧૨ ફુટની ઉંચાઈએ ઉપાડતાં તે ક્રેનમાં ૨ ઘનફુટ પાણી ખપે છે. તો ક્રેનને કેટલી શક્તિ પુરી પાડવામાં આવી હશે, અને કેટલી શક્તિનો ઉપયોગી કામમાં ખર્ચ થયો હશે?

૨૩. સીસાંની પાઈપ બનાવવા માટેના એક હાઈડ્રોલીક પ્રેસમાં રેમનો વ્યાસ ૧૬ ઇંચ છે, અને સીસાંને જે નાના રેમ વડે દબાવવામાં આવે છે તેનો વ્યાસ ૪ ઈંચ છે, તો સીસાં ઉપર દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૨૦ ટનનું દબાણ ઉત્પન્ન કરવા માટે દર ચોરસ ઇંચ દીઠ કેટલાં દબાણનું પાણી પુરૂં પાડવું જોઈશે?

૨૪. એક હાઈડ્રોલીક લીફ્ટીંગ જેકમાં રેમનો વ્યાસ ૫ ઈંચ અને પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧$\frac{૧}{૪}$ ઇંચ છે. ફલક્રમથી હાથાની લંબાઇ અને ક્રેંકની લંબાઈ વચ્ચેનું પ્રમાણ ૧૪ : ૧ છે. જો આ યંત્રની એફીશીઅન્સી ૮૦ ટકા હોય, તો હાથાને છેડે લાગુ પાડેલાં ૪૦ પૌંડનાં જોર વડે કેટલું વજન ઉપાડી શકાશે?

૨૫. એક હાડ્રોલીક એકયુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૧૨ ફુટ છે, અને તેમાં પાણીનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડ છે, તો આ એકયુમ્યુલેટરની શક્તિ કેટલી હશે? આ એકયુમ્યુલેટરમાંથી પાણીને ૪ હોર્સપાવરનું વોટર-પ્રેશ્યોર એન્જીન ચલાવવા માટે પુરૂં પાડવામાં આવે છે. એન્જીન ચાલતું હોય તે દરમ્યાન

જો એક્યુમ્યુલેટરમાં કશું પણ વધારાનું પાણી પુરૂં પાડવામાં ન આવે, તો તે એન્જીન આ એક્યુમ્યુલેટરનાં પાણી વડે કેટલો વખત સુધી ચાલશે ?

૨૬. એક ટનના હાઇડ્રોલીક જેકમાં રેમનો વ્યાસ ૩ ઇંચ અને પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે. પમ્પને ચલાવનારાં લીવર-હેન્ડલ વડે મળતો યાંત્રિક લાભ ૧૬ : ૧ છે. જો આ જેકની એફીશીઅન્સી ૭૫ ટકા હોય, તો ૧$\frac{1}{2}$ ટનનાં વજનને ઉપાડવા માટે હાથાને છેડે કેટલું જોર લાગુ પાડવું જોઈએ ?

૨૭. એક હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરમાં ૧૫ ફુટની લીફ્ટ સાથનો ૨૦ ઇંચ વ્યાસનો રેમ છે, અને રેમ સાથે ઉપાડેલું કુલ વજન (ડેડ લોડ) ૧૩૦ ટન છે, તો તે એક્યુમ્યુલેટરમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ પાણીનું દબાણ કેટલું હશે અને ઘર્ષણ ધ્યાનમાં ન લેતાં તેમાં વધુમાં વધુ કેટલા ફુટ-પૌંડ શક્તિ એકઠી થયલી હશે ?

૨૮. એક હાઇડ્રોલીક એન્જીનને ત્રણ રેમ છે જે દરેકનો વ્યાસ ૩ ઇંચ છે, અને ત્રણે રેમને ચલાવનારી સામાન્ય ક્રેંકની લંબાઈ ૩ ઇંચ છે. પાણીનું દબાણ એકઝોસ્ટ વોટર (એન્જીનમાંથી વપરાઈને બહાર નીકળતું પાણી)નાં દબાણ ઉપરાંત દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૦૦ પૌંડ છે, અને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા ૧૦૦ છે. જો પાણીનો સ્લીપ બીલકુલ ન હોય, તો તે એન્જીનના હોર્સપાવર શોધો. જો આ એન્જીન પટાની મદદ વડે પુલી ઉપર ૨·૧૫ ઉપયોગી હોર્સપાવર આપે, તો તે એન્જીનની એફીશીઅન્સી કેટલી હશે ?

૨૯. ૧૪ ઇંચ વ્યાસના રેમવાળા એક હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરમાંથી પુરાં પાડવામાં આવતાં પાણી વડે ૨૪ ઇંચ વ્યાસના રેમવાળા એક હાઇડ્રોલીક પ્રેસને ચલાવવામાં આવે છે. એક્યુમ્યુલેટર ઉપરનું વજન ૭૦ ટન છે, તો પ્રેસ તેમાં મુકેલી ગાંસડીને કેટલાં જોરથી દબાવશે ?

૩૦. એક હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટર જેના રેમનો વ્યાસ ૧૬ ઇંચ છે તે ઉપર ૮૦ ટનનું વજન લાધેલું છે. આ એક્યુમ્યુલેટરમાંથી દબાણવાળાં પાણીને એક સીંગલ-એકટીંગ વોટર-પ્રેશર એન્જીનમાં

પુરૂં પાડી તેને ચલાવવામાં આવે છે અને તે એન્જીન ૧૨ હોર્સપાવર ઉત્પન્ન કરે છે. જો એન્જીનના પીસ્તન-પ્લન્જરનો સ્ટ્રોક ૧૪ ઇંચ હોય અને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા ૫૦ હોય તો તેના પીસ્તન-પ્લન્જરનો વ્યાસ નક્કી કરો.

૩૧. ધારો કે હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરમાં ૩ મીનીટ સુધી પાણીને પુરૂં પાડવામાં ન આવે અને તેજ વેળાએ દાખલા ૩૦માં આપેલું એન્જીન તેજ એક્યુમ્યુલેટર વડે ચાલુ હોય ત્યારે તે અરસો દરમ્યાન એક્યુમ્યુલેટરમાં રેમ કેટલો નીચે ઉતરશે?

૩૨. એક હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ ૪ ઇંચ છે, તો તેમાં ઘર્ષણ ધ્યાનમાં ન લેતાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧½ ટનનું પાણીનું દબાણ ઉત્પન્ન કરવા માટે રેમ અને તે ઉપર લાધેલા લોડ (ભાર)નું કુલ વજન કેટલું જોઇશે? જો કપ-લેધર અને રેમ વચ્ચે થતાં ઘર્ષણને લીધે એક્યુમ્યુલેટરના લોડના ૫ ટકા વ્યર્થ જાય, તો જોઈતું દબાણ મેળવવા માટે કેટલા લોડ (ભાર)ની જરૂર પડશે?

૩૩. એક હાઇડ્રોલીક કુંની હાઈ પ્રેસ્યોર મેન પાઇપમાં પાણીનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડ છે. આ મેન પાઇપમાંથી પુરાં પાડવામાં આવતાં પાણી વડે ચલાવવામાં આવતા રેમની મદદ વડે ૨ ટનનાં વજનને ઉપાડવાનું છે, તો રેમનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ કેટલું રાખવું જોઈએ તે શોધો, અને દર હોર્સપાવર-અવર દીઠ કેટલા ઘન ફુટ પાણી ખપશે તે શોધો.

૩૪. એક હાઇડ્રોલીક એક્યુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે અને તે ઉપર ૭૦ ટન વજન લાધેલું છે. આ એક્યુમ્યુલેટરમાંથી પુરાં પાડવામાં આવતાં પાણી વડે એક સીંગલ-એક્ટીંગ વોટર-પ્રેસ્યોર એન્જીનને ચલાવવામાં આવે છે. આ એન્જીનના પીસ્તન-પ્લન્જરનો વ્યાસ ૪ ઇંચ છે, સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૮ ઇંચ છે, અને દર મીનીટે આંટાની સંખ્યા ૭૫ છે, તો તે એન્જીનના હોર્સપાવર શોધો.

૩૫. દર ચોરસ ઈંચ દીઠ ૧૧૨૦ પૌંડનાં પાણીનાં દબાણ સાથે એક હાઇડ્રોલીક એકયુમ્યુલેટરમાં ૧૦૦ હોર્સપાવર–મીનીટની શક્તિ મેળવવાની છે. જો રેમના સ્ટ્રોકની લંબાઈ તેના વ્યાસથી ૧૪ ગણી હોય, તો રેમનો વ્યાસ કેટલો હોવો જોઈએ ?

૩૬. એક હાઇડ્રોલીક એકયુમ્યુલેટરના રેમનો વ્યાસ ૧૨ ઇંચ છે, અને રેમ તથા તે સાથે લટકાવેલા મોટા નળા અને તેમાં ભરેલા વજનદાર પદાર્થનું કુલ વજન ૫૫ ટન છે. જો રેમ સાથે વજનદાર પદાર્થ સાથના નળાને ચલાવવા માટે માત્ર ઘર્ષણનો અવરોધ દુર કરવામાં જોઈતું જોર ૨·૫ ટન હોય, તો (૧) જ્યારે એક સરખી ઝડપે લોડ ઉંચે ચઢતો હોય ત્યારે, અને (૨) જ્યારે એક સરખી ઝડપે લોડ નીચે ઉતરતો હોય ત્યારે દર ચોરસ ઈંચ દીઠ પાણીનું દબાણ કેટલા પૌંડ હશે ?

૩૭. એક હાઇડ્રોલીક એકયુમ્યુલેટરમાં રેમનો વ્યાસ ૧૮ ઈંચ, સ્ટ્રોક ૨૩ ફુટ અને દર ચોરસ ઇંચ દીઠ પાણીનું દબાણ ૧૧૨૦ પૌંડ છે. રેમના એક પુરેપુરા નીચલા સ્ટ્રોક દરમ્યાન આ એકયુમ્યુલેટર વડે આપવામાં આવતાં ઉપયોગી કામને એક હાઇડ્રોલીક ક્રેન જેની એફીશીઅન્સી ૫૫ ટકા છે તેની મદદ વડે ૪૦ ફુટની ઉંચાઈએ W ટન વજનને ઉપાડવા માટે વાપરવામાં આવે છે, તો W શોધો. જો આ કામ ૩ મીનીટમાં થાય, તો ક્રેનના કુલ (gross) હોર્સપાવર કેટલા હશે ?

૩૮. એક હાઇડ્રોલીક એકયુમ્યુલેટરમાં રેમનો વ્યાસ ૪ ઇંચ છે, અને તેમાંથી મળતાં પાણીનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧·૫ ટન છે. આ પાણીનો ઉપયોગ ટેસ્ટીંગ મશીનના રેમને ચલાવવા માટે કરવામાં આવે છે. ટેસ્ટીંગ મશીનના રેમનો વ્યાસ ૯·૫ ઇંચ છે. તો (૧) જો કપ–લેધર, વિગેરેનાં ઘર્ષણમાં લોડના ૫ ટકા વ્યર્થ જાય, તો એકયુમ્યુલેટરના ૪ ઇંચ વ્યાસવાળા રેમ ઉપર કેટલો કુલ લોડ

લાધવેા જોઈશે, અને (૨) જો ટેસ્ટીંગ મશીનનાં સીલીન્ડરનાં કપ-લેધરમાં બીજા વધારાના ૫ ટકા વ્યર્થ જાય, તેા ટેસ્ટીંગ મશીન ઉપર ધાતુ ટેસ્ટ કરવા માટે કેટલેા કુલ લેાડ લાગુ પાડી શકાશે ?

૩૯. એક સ્ટીમર ઉપર એકયુમ્યુલેટર વપરાય છે, જેમાં રેમનેા વ્યાસ ૯ ઇંચ અને પાણીનું દબાણ દર ચેારસ ઇંચ દીઠ ૮૦૦ પૌંડ છે. તે એકયુમ્યુલેટરના રેમ ઉપરનેા લેાડ (ભાર) એક જુદાં સ્ટીમ સીલીન્ડરમાં કાર્ય કરતા અને રેમ સાથે સીધા જોડેલા પીસ્તન ઉપર કાર્ય કરતાં દર ચેારસ ઇંચ દીઠ ૬૦ પૌંડનાં વરાળનાં દબાણ વડે મેળવવામાં આવે છે, તેા ઘર્ષણ ધ્યાનમાં ન લેતાં સ્ટીમ-પીસ્તનનેા વ્યાસ કેટલેા હેાવેા જોઈએ ?

૪૦. એક હાઇડ્રોલીક ક્રેનમાં ૧૦ ટનનું વજન ૨૭ ફુટની ઉંચાઇએ ઉપાડવા માટે દર ચેારસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનાં દબાણનું ૭૦ ગેલન પાણી વપરાય છે, તેા તે ક્રેનની એફીશીઅન્સી કેટલી હશે ?

૪૧. એક હાઇડ્રોલીક ક્રેનમાં રેમનેા વ્યાસ ૯ ઇંચ છે, અને ક્રેન ઉપર ઉપાડવા માટે લટકાવવામાં આવતા દાગીનાની ગતિ અને રેમની ગતિ વચ્ચેનું પ્રમાણ ૧૦ : ૧ છે. ક્રેનમાં પાણીને દર ચેારસ ઇંચ દીઠ ૧૨૦૦ પૌંડનાં દબાણે પુરૂં પાડવામાં આવે છે. જો ક્રેનની એફીશીઅન્સી ૫૨ ટકા હેાય, તેા (૧) આ ક્રેન કેટલું વજન ઉપાડશે, અને (૨) દર ૩૫ ફુટના વજનના ઉપાડ માટે કેટલા ગેલન પાણી ખપશે ?

૪૨. એક હાઇડ્રોલીક ક્રેન જેની એફીશીઅન્સી ૫૫ ટકા છે, તેમાં દર ચેારસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનાં દબાણવાળું પાણી વાપરીને ૫ ટનનાં વજનને ૩૦ ફુટની ઉંચાઇએ ઉપાડી શકાય છે, તેા આ ક્રેનના રેમ વડે પસાર થતું વેાલ્યુમ અથવા ઘનમાપ શેાધેા. જો રેમનેા સ્ટ્રોક તેના વ્યાસથી ૬ ગણેા હેાય, તેા રેમનેા વ્યાસ શેાધેા.

મુંબઈ ઇલાકાની કમીટી ઓફ ડાયરેકશન ફોર ટેકનીકલ એજ્યુકેશન તરફથી લેવામાં આવેલી સુરતની પારેખ ટેકનીકલ ઇન્સ્ટીટયુટની મીકેનીકલ એન્જીનીયરીંગનાં ત્રીજાં વર્ષની વાર્ષિક પરિક્ષામાં પુછાયલા અને બીજા પરચુરણ દાખલાઓ.

૧. એક ૪૫૦ પૌંડનાં વજનનો પાઇલિ ડ્રાઇવર ૧૨ ફુટની ઉંચાઇએથી પડે છે. જો દરેક ફટકાથી પાઇલિ (ખૂંટો) ૨ ઇંચ નીચે ઉતરે, તો તે પાઇલિને નીચે ઉતારતાં કેટલું કામ થશે, અને વળી પાઇલ ઉપર પડતા ફટકાનું સરેરાશ જોર કેટલું હશે ?

૨. એક ફ્લાઇ વ્હીલની રીમનું વજન ૪$\frac{1}{2}$ ટન છે, અને તેનો સરેરાશ સરળ વેગ (લીનીઅર વેલોસીટી) દર સેકન્ડ દીઠ ૩૦ ફુટ છે, તો તે રીમમાં કેટલા ફુટ–પૌંડ શકિતનો સંગ્રહ થયો હશે ? જો બીજી ૧૨૦૦૦૦ ફુટ–પૌંડ જેટલી વધારાની શક્તિનો સંગ્રહ કરવો હોય, તો તે રીમનો વેગ બીજો કેટલો વધારવો જોઇશે ?

૩. ૧૦૦ ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવરનું એક એન્જીન જેની એફીશીઅન્સી (કાર્યસાધકત્વ) ૯૦ ટકા છે, તે એક પમ્પને ચલાવે છે. જો પમ્પ એક મીનીટમાં ૨૨૦૦ ગેલન પાણી ૧૨૦ ફુટની ઉંચાઇએ ચઢાવે, તો પમ્પની એફીશીઅન્સી કેટલી હશે ?

૪. એક ૩૦ ફુટ લાંબા બીમ (ભારવટીઆ)ને તેના બન્ને છેડા ઉપર ટેકવેલો છે. આ બીમ ઉપર બે વજનો જેમાંનું એક ૯૦૦ પૌંડનું વજન એક છેડાથી ૮ ફુટ દુર, અને બીજું ૬૦૦ પૌંડનું વજન બીજા છેડાથી ૬ ફુટ દુર લાવેલાં છે. જો પહેલા છેડા ઉપર ૧૫૩૦ પૌંડનું પ્રતિકાર્ય અથવા દબાણ આવતું હોય, તો તે બીમનું વજન કેટલું હશે ?

૫. એક ટનનાં વજનનાં ફ્લાઇ વ્હીલની સરેરાશ પરિરેખા (રેડીઅસ ઓફ જાઇરેશન) ૪ ફુટ છે અને તે એક મીનીટમાં ૧૫૦

આંટા ફરે છે. જો તેની બેરીંગમાં થતાં ઘર્ષણમાં દરેક આંટા દીઠ ૧૦૦–ફુટ–પૌંડ શક્તિ વ્યર્થ જાય, તો તે વ્હીલ ફરતું બંધ થવા પૂર્વે કેટલા આંટા ફરી જશે ?

૬. એક ડીઝલ ઓઇલ એન્જીનને ત્રણ સીલીન્ડર છે, જે દરેક સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૧૮ ઇંચ છે. જો દરેક સીલીન્ડરમાં ઉત્પન્ન થતું સરેરાશ કાર્યસાધક દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૧૩૫ પૌંડ હોય અને એન્જીન ચાર સ્ટ્રોક સાઇકિલ પ્રમાણે ચાલતાં દર મીનીટે ૨૨૦ આંટા ફરતું હોય, તો તે એન્જીનના ઇન્ડીકેટેડ હોર્સપાવર શોધો.

૭. સમાન છેદચિત્રવાળા ૨૨ ફુટ લાંબા એક બીમ (ભારવટીઆ)ને તેને બન્ને છેડે ટેકવેલો છે. બીમનું વજન દર ફુટ લંબાઈ દીઠ ૩૦ પૌંડ છે. બીમ ઉપર બે એકત્રિત (કોન્સેન્ટ્રેટેડ) બોજા છે, જેમાંનો એક ૧૬૦૦ પૌંડનો એક છેડાથી ૯ ફુટ દુર અને બીજો ૮૦૦ પૌંડનો બીજા છેડાથી ૪ ફુટ દુર છે, તો બન્ને છેડા ઉપરનું પ્રતિકાર્ય શોધો, અને બીમનાં જે બિંદુ આગળ ૧૬૦૦ પૌંડનો બોજો છે તે બિંદુ આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (વલનમાન) શોધો.

૮. કેમ શું છે, અને તે ક્યાં વપરાય છે ? આડાં ગેસ અથવા ઓઇલ એન્જીનની ટાઇમીંગ શાફ્ટ અથવા કેમ શાફ્ટ ઉપર એકઝોસ્ટ વાલ્વને ઉઘાડ બંધ કરવાને માટે જે કેમ વપરાય છે તેની રૂપરેખા આકૃતિ દોરો. તમારી આપેલી આકૃતિ ઉપર કેમનો કયો ભાગ વાલ્વને ઉઘાડવા માટે કામ કરે છે તે ચોકકસ સમજાવો.

૯. એક ફ્લાઇ પ્રેસમાં દરેક બોલનું વજન ૭૦ પૌંડ છે, અને તેમની ગતિનો વેગ દર સેકન્ડે ૧૨ ફુટ છે. સ્ક્રુને છેડે બેસાડેલો પંચ સ્થિર થતાં $\frac{1}{16}$ ઇંચ જેટલો નીચે ઉતરે છે, તો જે ધાતુ ઉપર પંચ વેહ પાડવાનું કાર્ય કરે છે તે ધાતુ ઉપર સરેરાશ દબાણ કેટલું પડશે તે શોધો.

૧૦. એક લોકોમોટીવ એન્જીન જેનું વજન ૮૦ ટન છે તે ૧૦૦૦ ફુટની ત્રિજ્યાના વાંક ઉપર દર કલાકે ૨૦ માઇલની ઝડપે

દોડે છે, તો તે ઉપર કાર્ય કરતું સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ (ઉન્મધ્ય પ્રેરકબળ) શોધો. વળી અંદરના પાટા કરતાં બહારનો પાટો સીધી સપાટીથી કેટલો ઉંચો રાખવો જોઇએ કે જેથી ઉન્મધ્ય પ્રેરક (સેન્ટ્રીફ્યુગલ) કાર્યને લીધે બહારના પાટાની અંદરની બાજુ ઉપર બહારની દિશાનું જોર આવે નહીં. પાટાનો ગેજ (બન્ને પાટાનાં મધ્યો વચ્ચેનું અંતર) ૫ ફુટ ૬ ઇંચ છે.

૧૧. રેચેત વ્હીલની આકૃતિ કાઢી તેનું વર્ણન કરો, અને તેનો ઉપયોગ સમજાવો.

૧૨. એક કેન્ટીલીવર બીમ ૧૫ ફુટ લાંબો છે અને તે ઉપર તેની લંબાઇએ ત્રણ ત્રણ ફુટને અંતરે દરેક ૧૦૦૦ પૌંડનાં વજનો લાધેલાં છે, તો દરેક વજન આગળનું બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (વલનમાન) અને સૌથી વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (વલનમાન) શોધો.

૧૩. એક ઇલેક્ટ્રીક ટ્રેન જેનું વજન ૬૦૦ ટન છે તે જ્યારે ઇલેક્ટ્રીક પાવર (વિજળીક બળ) બંધ કરવામાં આવે છે ત્યારે ૧૦૦ એ ૧ના ઢાળ ઉપર દર કલાકે ૪૦ માઇલની ઝડપે દોડે છે. જો સપાટ સડક ઉપર ખેંચાણને નડતો સરેરાશ અવરોધ દર ટન દીઠ ૧૨ પૌંડ હોય, તો તે ટ્રેન ઉભી રહેવાની પૂર્વે ઢાળ ઉપર કેટલું અંતર પસાર કરી જશે ?

૧૪. તમોને માહિતી હોય એવાં કોઇ પણ યંત્રના એક અગત્યના ભાગની આકૃતિ દોરી તેનું વર્ણન કરો.

૧૫. ધારોકે ૧ ઇંચ વ્યાસની એક શાફ્ટ ૨૦૦૦ પૌંડ-ઇંચનું ટર્નીંગ મોમેન્ટ સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો તેજ ધાતુની ૨½ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ કેટલું ટર્નીંગ મોમેન્ટ સલામતી સાથે ખમી શકશે ? જો ૨½ વ્યાસની શાફ્ટ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટા ફરતી હોય અને સલામતી સાથે કાર્ય કરતું તોડી નાંખનારૂં જોર દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨ ટન હોય, તો તે શાફ્ટ કેટલા હોર્સપાવરનું સંચારણ કરી શકશે તે શોધો.

૧૬. એક બીડનું ફ્લાઈ વ્હીલ જેનું વજન ૧$\frac{1}{2}$ ટન છે તે સમતોલ નથી, અને તેનું ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ તેનાં પરિવર્ત્તન (rotation)ની મધ્ય રેખાથી $\frac{1}{2}$ ઇંચ દુર છે. જો તે ફ્લાઈ વ્હીલ દર મીનીટે ૨૦૦ આંટાની ઝડપે ફરે, તો તે વ્હીલ ઉપર કાર્ય કરતું સમતોલ ન રહેવા દેતું (આઉટ–ઓફ–બેલન્સ) જોર શોધો, અને તે ફ્લાઈ વ્હીલનાં વજન અને તે ઉપર કાર્ય કરતાં ઉન્મધ્ય પ્રેરક બળ (સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ)નાં સંયુક્ત કાર્યને લીધે બેરીંગ ઉપર આવતો સૌથી વધુ અને સૌથી ઓછો ભાર અથવા બોજો (લોડ) શોધો.

૧૭. ૪૪ ઇંચ લાંબા લાકડાંના એક ભારવટીઆ (બીમ)ને તેના છેડાઓ આગળથી ટેકાઓ ઉપર ટેકવેલો છે, અને તે તેની લંબાઈએ ચાર ચાર ઇંચને અંતરે દરેક ૨૦ પૌંડનાં ૧૦ જુદાં જુદાં વજનો ટેકવે છે, તો આ ભારવટીઆ (બીમ) ઉપર આગળનાં જેટલુંજ સ્ટ્રેસ (વૈકારિક જોમ) લાવવા માટે તેનાં મધ્યમાં કેટલા પૌંડનું એકજ વજન લટકાવવું જોઈએ ?

૧૮. ૨૩ ઇંચ લાંબો અને $\frac{3}{4}$ ઇંચ વ્યાસનો એક ટાઈ–બાર તે ઉપરના બોજાને લીધે ૦.૦૧૫ ઇંચ જેટલો લંબાઇમાં ખેંચાય છે. જો સ્થાપક પ્રમાણ એટલે મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી દર ચો. ઇંચ દીઠ ૨૮૦૦૦૦૦૦ પૌંડ હોય, તો તે સળીયા ઉપરનો બોજો (લોડ) અને તેમાં ઉત્પન્ન થતું સ્ટ્રેસ (વૈકારિક જોમ) શોધો.

૧૯. ૧ ઇંચ જાડો, ૧ ઇંચ પહોળો, અને ૧૨ ઇંચ લાંબો એક બીમ (ભારવટીઓ) ૪૨૦ પૌંડનું વજન સલામતી સાથે ખમી શકે છે, તો એવીજ જાતના ૩ ઇંચ પહોળા અને ૫ ફુટ લાંબા બીમની જાડાઈ ૨ ટનનું વજન સલામતી સાથે ખમી શકવા માટે કેટલી જોઇશે તે શોધો.

૨૦. એક એજ કેમ (edge cam)ની રૂપરેખા (profile) દોરો, જેમાં કેમના ફરવાની ગતિનાં મધ્યબિંદુથી વધુમાં વધુ અંતર ૪ ઇંચ અને ઓછામાં ઓછું અંતર ૩ ઇંચ હોવું જોઇએ, અને કેમ

વડે ચલાવવામાં આવતો સળીયો જેટલા વખતમાં ઉપર ઉંચકાય છે તેનાથી અર્ધા વખતમાં નીચે ઉતરવો જોઇએ. તમોએ દોરેલી આકૃતિ ઉપર કેમની ફરવાની દિશા દર્શાવો.

૨૧. ½ ઇંચ પહોળો એક કેમનો ગાળો દોરો. કેમના ફરવાની ગતિનાં મધ્યબિંદુથી વધુમાં વધુ અંતર ૪ ઇંચ છે, અને ઓછામાં ઓછું અંતર ૨ ઇંચ છે, અને તેના વડે સળીયાની ઉપર ઉંચકાવાની અને નીચે ઉતરવાની ગતિ એક સરખી અને સરળ મળવી જોઇએ.

૨૨. એક કેન્ટીલીવર ૧૨ ફુટ લાંબો છે, અને તે ઉપર તેની લંબાઇએ ત્રણ ત્રણ ફુટનાં અંતરે દરેક ½ ટનનાં વજનો લાધેલાં છે, તો જે જે બિંદુઓએ વજન લાધેલાં છે તે દરેક બિંદુ આગળનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (વલનમાન) શોધો, અને વધુમાં વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ શોધો, અને વળી કોઈ પણ સ્કેલે બેન્ડીંગ મોમેન્ટનો ડાયગ્રામ અડસતે દોરો.

૨૩. એક ત્રાન્સમીશન શાફ્ટ ૪૦૦૦ પૌંડ-ઇંચનાં ત્વીસ્ટીંગ મોમેન્ટને આધિન છે, અને તે દર મીનીટે ૧૫૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, તો તે શાફ્ટ વડે સંચારણ કરવામાં આવતા હોર્સપાવર શોધો. જો તે શાફ્ટમાં સલામતી સાથે કાર્ય કરતું સ્ટ્રેસ (વૈકારિક જોમ) દર ચો. ઇંચ દીઠ ૮૦૦૦ પૌંડ હોય, તો તે શાફ્ટનો વ્યાસ શોધો.

૨૪. એક રેલવે ટ્રેનનું વજન એન્જીન વિના ૪૦૦ ટન છે, અને તે સ્થિર સ્થિતિથી ચાલુ થતાં સપાટ સડક ઉપર એક મીનીટમાં દર કલાકે ૩૦ માઇલની ઝડપ મેળવે છે, તો એન્જન અને ટ્રેનની વચ્ચે થતું ખેંચાણ શોધો. ખેંચાણને નડતો અવરોધ ટ્રેનનાં વજનના દર ટન દીઠ ૧૫ પૌંડ લેવાનો છે.

૨૫. તમારી વર્કશોપમાંનાં કોઈ પણ યંત્રના એક અગત્યના ભાગની આકૃતિ દોરી તેનું વર્ણન કરો.

૨૬. નીચે આપેલી સંજ્ઞાની વ્યાખ્યા આપોઃ—(अ) વેલોસીટી (વેગ); (व) એક્સેલરેશન (પ્રવેગ); (क) મોમેન્ટમ (વેગમાન); અને (ड) ફોર્સ (જોર).

૨૭. એક ફ્લાઈ વ્હીલનું વજન ૬ ટન છે, અને તેની પરિરેખા એટલે રેડીઅસ ઓફ્ જાઈરેશન (રીમની સરેરાશ ત્રિજ્યા) ૪ ફુટ છે, તો દર મીનીટે ૧૨૦ આંટાની ઝડપે તેમાં કેટલા ફુટ-પૌંડ શક્તિ એકઠી થશે? જો તે ફ્લાઈ વ્હીલને તેની શાફ્ટ ઉપર ૮ ઇંચ વ્યાસની બેરીંગોમાં ટેકવવામાં આવે, અને સઘળી ઝડપોએ ઘર્ષણનો ગુણક (કોએફીશન્ટ ઓફ્ ફ્રીકશન) ०·०१ હોય, તો એક આંટામાં ઘર્ષણ દુર કરવામાં કેટલું કામ ખર્ચ થશે, અને ઉપલી ઝડપ ઉપરથી સ્થિર થતાં તે ફ્લાઈ વ્હીલ કેટલા આંટા ફરી જશે?

૨૮. એક બીમ ૧૨ ફુટ લાંબો, ૮ ઇંચ પહોળો, અને ૧૨ ઇંચ ઉંડો છે; બીજો બીમ ૨૦ ફુટ લાંબો, ૧૨ ઇંચ પહોળો, અને ૧૫ ઇંચ ઉંડો છે; તો કયો બીમ વધારે મજબુત છે? જો પહેલો બીમ તેનાં મધ્ય આગળ લાધેલું ૨ ટનનું વજન સલામતી સાથે ખમી શકે, તો બીજો બીમ તેની આખી લંબાઈએ સરખી રીતે વહેંચીને લાધેલું કેટલું વજન સલામતી સાથે ખમી શકશે?

૨૯. ફ્લાઈ વ્હીલના એક ભાગનું વજન તેના આરા સાથે ૪००० પૌંડ છે, અને તે ભાગના પદાર્થનો જથ્થો ફ્લાઈ વ્હીલની મધ્યરેખાથી ૭ ફુટ દુર એકાગ્ર થયલો છે એમ ધારી લેવામાં આવે છે, અને ફ્લાઈ વ્હીલ દર મીનીટે ૫० આંટાની ઝડપે ફરે છે, તો તે ભાગ અને આરાને ફ્લાઈ વ્હીલના ઓસમાંથી બહાર ખેંચી કાઢવાનું વલણ કરતું જોર કેટલું હશે?

૩૦. એક જીબ ક્રેનના ટાઈ-રોડની લંબાઈ જ્યારે તેના ઉપર ભાર (લોડ) હોતો નથી ત્યારે ૫० ફુટ છે, અને જ્યારે તે ઉપર ભાર આવે છે ત્યારે તેની લંબાઈ ૫० ફુટ ૧ ઇંચ છે, તો તે ટાઈ-રોડ ઉપર આવતું સ્ટ્રેન (વિકાર) શોધો. જો મોડયુલસ ઓફ્ ઈલેસ્ટીસીટી (સ્થાપક પ્રમાણ) દર ચો. ઇંચ દીઠ ૧૩००० ટન હોય, તો તે સળીયા ઉપર આવતું સ્ટ્રેસ (વૈકારિક જોમ) શોધો. જો તે સળીયાનો વ્યાસ ૨$\frac{1}{2}$ ઇંચ હોય, તો તે ઉપરનો ભાર (લોડ) શોધો.

૩૧. એક પાણીની ટાંકીનું તળીયું ૭ ફુટ લાંબુ અને ૩ ફુટ ૪ ઇંચ પહોળું છે, તો જ્યારે તે ટાંકીમાં ૯૦૦ ગેલન પાણી સમાયલું હોય, ત્યારે તે પાણીની ઉંડાઈ કેટલી હશે, અને તે ટાંકીનાં તળીયાં ઉપર અને દરેક બાજુ અને છેડા ઉપર અનુક્રમે દબાણ કેટલું હશે? એક ગેલન પાણીનું વજન ૧૦ પૌંડ, અને એક ઘનફુટનું વજન ૬૨·૩ પૌંડ છે.

૩૨. એક એક્યુમ્યુલેટર દર ચો. ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનાં દબાણે કાર્ય કરવાનો છે. જો રેમનો વ્યાસ ૧૦ ઇંચ હોય, તો તે ઉપર કુલ વજન કેટલું જોઇશે? જો લીફ્ટ એટલે ઉપાડ ૮ ફુટનો હોય, તો જ્યારે વજન ઉંચે હશે ત્યારે તેમાં શક્તિનો કુલ સંગ્રહ કેટલો હશે? વળી રેમ ઉંચે હોવાને લીધે દબાણવાળાં પાણીનો કુલ સંગ્રહ એટલે વધારાનો જથ્થો કેટલો હશે? કોઈ પણ હાઇડ્રોલીક પ્રેસની લેધર પેકીંગની આકૃતિ આપો.

૩૩. એક હથોડીનું માથું જેનું વજન ૨½ પૌંડ છે, તે દર સેકન્ડે ૫૦ ફુટના વેગથી દાગીના ઉપર પડી ૦·૦૦૧ સેકન્ડમાં ઉભું રહે છે, તો ફટકાનું સરેરાશ જોર કેટલું હશે?

૩૪. જ્યારે એક અમુક ત્રેકશન એન્જીનનાં ફ્લાઈ વ્હીલની ઝડપ દર મીનીટે ૧૫૦ આંટા ઉપરથી ઘટીને ૧૪૦ આંટા થાય છે, ત્યારે આખાં એન્જીન તેમજ ફ્લાઈ વ્હીલની ગતિ ઉપર ૨૫૦૦૦ ફુટ-પૌંડ કાઈનેટીક એનર્જીની ખોટ થાય છે. જો ફ્લાઈ વ્હીલની ઝડપ દર મીનીટે ૧૬૦ આંટા હોય, તો તે એન્જીન ઉભું રહેવા પૂર્વે ૧૦૦એ ૧ના ઢાળ ઉપર કેટલે દુર ચાલશે. એન્જીન અને ત્રકનું વજન ૩૦ ટન છે, અને સપાટ સડક ઉપર ઘર્ષણનો ચાલુ અવરોધ દર ટન દીઠ ૨૦ પૌંડ છે.

૩૫. ઘડતર લોઢાંના I આકારનાં છેદચિત્રવાળા બીમને જ્યારે આ પ્રમાણે I અને આ પ્રમાણે ⊢ મુકવામાં આવે, ત્યારે તેમના વળી જવાની સામે થતા અવરોધની સરખામણી કરો. બીમની દરેક

ફ્લેંજ ૬ ઇંચ પહોળી અને ૧ ઇંચ જાડી છે, અને વેબ ¾ ઇંચ જાડી અને ફ્લેંજીસની વચ્ચેનું માપ ૮ ઇંચ છે.

૩૬. ૧૦૦ પૌંડ વજનના એક પદાર્થનું ગુરૂત્વ મધ્યબિંદુ દર મીનીટે ૨૫૦ આંટાની ઝડપે મધ્યરેખાથી ૧૫ ઇંચ દુર ફરે છે, તો તેનું સેન્ટ્રીફ્યુગલ ફોર્સ (ઉન્મધ્ય પ્રેરક બળ) શોધો.

૩૭. એક પાતળી નળાકાર પાઇપને લંબાઇની દિશામાં તોડી નાંખવાનું વલણ કરતું જોર તેને પરિધની દિશામાં તોડી નાંખવાનું વલણ કરતાં જોરથી બમણું હોય છે તે સાબીત કરો, (ફ્લેંજ વિગેરેનું જોર ધ્યાનમાં લેવાનું નથી).

એક ઘડતર લોઢાંની પાઇપનો વ્યાસ ૨ ફુટ છે, પ્લેટની જાડાઇ ½ ઇંચ છે, અને સલામતી સાથે કાર્ય કરતું સ્ટ્રેસ (વૈકારિક જોમ) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૫ ટન છે, પણ રીવેટ કરેલા સાંધાને લીધે પ્લેટના બળમાં ૩૦ ટકાનો ઘટાડો થયો છે, તો તેમાં સલામતી સાથે કાર્ય કરતું દબાણ શોધો. આ દબાણ પાણીના કેટલા "હેડ"ને મળતું છે તે જણાવો.

૩૮. નીચે આપેલી સંજ્ઞાઓ વિષે તમો શું સમજો છો તે જણાવો:—ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેંગ્થ (ખેંચ બળ), કોમ્પ્રેસીવ સ્ટ્રેંગ્થ (દાબ બળ), અને શીઅરીંગ સ્ટ્રેંગ્થ (કાટ બળ). "મોડયુલસ ઓફ ઇલેસ્ટીસીટી" (સ્થાપક પ્રમાણ)ની વ્યાખ્યા આપો. જો એક ચોરસ ઇંચ છેદચિત્રનો ઘડતર લોઢાંનો સળીયો ૬૦૦૦૦ પૌંડનાં ટેન્સાઇલ સ્ટ્રેસ (ખેંચ) વડે તૂટી જાય છે, તો ૨૦ ટનનો ભાર (લોડ) ખમી શકે એવા ટાઇ–રોડનાં છેદચિત્રનું ક્ષેત્રફળ કેટલું રાખવું જોઇશે?

૩૯. ૨૦ ફુટની ઉંચાઇએથી પડતા ૧ ટન વજનના એક રેમ અથવા મંકી વડે એક પાઇલ (ખૂંટા)ને જમીનમાં ઉતારવામાં ખર્ચ થતાં જોરને ૧૦ ફુટની ઉંચાઇએથી પડતાં ૨ ટનનાં વજનનાં જોર સાથે સરખાવો. જો રેમ અથવા મંકીના એક ફટકા વડે પાઇલ (ખૂંટો) ૯ ઇંચ નીચે ઉતરે, તો તેની ગતિની સામે નડતો સરેરાશ અવરોધ કેટલો હશે?

૪૦. "કેમ" શું છે? મીકેનીઝમ (યંત્રમાળા)માં કયાં કામ માટે તે ઘણું કરીને વપરાય છે? તમોને જે યંત્રની માહિતી હોય તેવાં કોઈ પણ યંત્રમાં વપરાતા કેમની રચના અને ખરેખરા આકારની આકૃતિ કાઢી તેનું વર્ણન કરો. આમતેમ ચાલતા ભાગને ધીમી આગળ વધતી ગતિ અને ઝડપી વળતી ગતિ એ ગતિઓની વચ્ચે વિરામ સાથે આપવા મારેના કેમની આકૃતિ દોરો.

૪૧. લોખંડની પ્લેટમાં પંચ વડે વેહ પાડવા માટેના ફ્લાઇ-પ્રેસની રચનાનું જરૂરી આકૃતિ સહિત વર્ણન કરો. એવા પ્રેસમાં બે દડા (બોલ) માંના દરેક દડાનું વજન ૩૦ પોંડ છે, અને તેમને સ્ક્રુની મધ્ય રેખાથી ૩૦ ઇંચની ત્રિજ્યાએ બેસાડેલા છે, અને સ્ક્રુનો પીચ ૧ ઇંચ છે, તો $\frac{૧}{૪}$ ઇંચ જાડી ઘડતર લોઢાંની પ્લેટમાં આ પ્રેસ વડે કેટલા વ્યાસનો વેહ પંચ વડે પાડી શકાશે તે શોધો; ઘડતર લોઢાંનું શીઅરીંગ સ્ટ્રેંગ્થ (ફાડ બળ અથવા ચીરાઇ જવાનું જોર) દર ચો. ઇંચ દીઠ ૨૨.૫ ટન છે. એમ માની લેવાનું છે કે જ્યારે પંચ ધાતુ સાથે સંબંધમાં આવે છે ત્યારે દડાઓ દર મીનીટે ૬૦ આંટાની ઝડપે ફરે છે, અને પ્લેટનો અવરોધ પ્લેટની જાડાઈના પહેલા $\frac{૧}{૧૬}$ ઇંચ દરમ્યાન દુર કરવાનો છે.

૪૨. ૫ ટનનાં વજનનાં એક ફ્લાઇ વ્હીલને ૧૦ ફુટની સરેરાશ પરિરેખા (રેડીઅસ ઓફ જાઇરેશન) છે. ફ્લાઈ વ્હીલને ૧૨ ઇંચ વ્યાસની શાફ્ટ ઉપર બેસાડેલું છે અને તે દર મીનીટે ૬૫ આંટાની ઝડપે ફરે છે. જો શાફ્ટનો ઘર્ષણનો ગુણક (કોએફીશન્ટ ઓફ ફ્રીકશન) તેની બેરીંગમાં ૦.૦૬૫ હોય, તો તે વ્હીલ ઉભું રહેવાની પૂર્વે કેટલા આંટા ફરશે? બીજા અવરોધો ધ્યાનમાં લેવાના નથી.

૪૩. પમ્પના કોઈ પણ એવા આકારની બનાવટ અને કાર્યનું આકૃતિ કાઢી વર્ણન કરો, કે જે વડે એક કુવો જેમાં પાણીની સપાટી જમીનની સપાટીથી ૪૫ ફુટ નીચે છે તેમાંથી તમો પાણી ઉંચે ચઢાવી શકો. તમો પમ્પ કઈ જગ્યાએ ગોઠવશો તે સંપૂર્ણ રીતે સમ-

જાવો, અને તમો જે રચના લાગુ પાડવા માંગો છો તે રચના માટેનાં કારણો આપો.

૪૪. એક હાઇડ્રોલીક એકયુમ્યુલેટરમાં ૧૨ ઇંચ વ્યાસનો વજનથી લાધેલો પ્લન્જર છે અને તે ૮ ફુટની ઉંચાઈ સુધી ઉંચકાય છે. આ રચનાની આકૃતિ કાઢો. એકયુમ્યુલેટરમાંથી હાઇડ્રોલીક ક્રેનમાં પસાર થતાં પાણીમાં દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૭૦૦ પૌંડનું દબાણ મેળવવા માટે કેટલા ટનનું વજન પ્લન્જર ઉપર લાધવું જોઇશે ? એવા એકયુમ્યુલેટરમાં શકિતનો કેટલો જથ્થો સંગ્રહ થયો હશે ?

૪૫. બે બીડના બીમો, જેમાંનો એક ગોળાકાર છેદચિત્રનો ૨·૭૩ ઇંચ વ્યાસનો છે અને બીજો ચોખુણ છેદચિત્રનો ૩ ઇંચ પહોળો અને ૨ ઇંચ ઉંડો છે, તે દરેકને ૨૦ ઇંચ દુર આવેલાં બે બિંદુઓ આગળ ટેકવેલો છે, અને દરેક ઉપર ૨ ટનનું વજન મધ્યમાં લાધેલું છે, તો દરેક બીમમાં કેટલું સ્ટ્રેસ (વૈકારિક જોમ) ઉત્પન્ન થશે ?

૪૬. એક સળીઆનું રીઝીલીએન્સ શું છે ? સ્ટીલના એક સળીયાનો વ્યાસ $\frac{3}{4}$ ઇંચ અને લંબાઈ ૩૦ ઇંચ છે, અને તે ઉપર ૧૦ ટનનું ખેંચાણ આવે છે. જો મોડયુલસ ઓફ ઈલેસ્ટીસીટી (સ્થાપક પ્રમાણ) દર ચો. ઇંચ દીઠ ૩૨૦૦૦૦૦૦ પૌંડ હોય, તો તે સળીયામાં એકઠું થયલું કામ કેટલું હશે ?

૪૭. ૧ ફુટ લાંબા, ૧ ઇંચ પહોળા, અને ૧ ઇંચ ઉંડા એક લાકડાના બીમને તેના છેડાઓ આગળ ટેકવવામાં આવે છે ત્યારે તે મધ્યમાં લાધેલાં ૫૦૦ પૌંડનાં વજન વડે તૂટી જાય છે, તો ૧૨ ઇંચ ઉંડો, ૬ ઇંચ પહોળો, અને ૧૨ ફુટ લાંબો લાકડાંનો બીમ જેનો એક છેડો દીવાલમાં ચણી લીધેલો છે તે તેના બહારના છેડા ઉપર લાધેલું કેટલું વજન ખમી શકશે ?

આ બીમ માટેનાં બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (વલનમાન) અને શીઅરીંગ ફોર્સ (ચીરી નાંખનારાં જોર)ની કોઈ પણ સ્કેલે આકૃતિ (ડાયગ્રામ) દોરો.

૪૮. પાઈન લાકડાંની એક પટી તેનાં ટેકણ બિંદુઓ વચ્ચે લંબાઈમાં ૩૦ ઇંચ છે અને તે ઉપર મધ્યમાં ૨૬ પૌંડનું વજન લટકાવેલું છે. જો તે પટી ઉપર તેના એક છેડાથી ૧૦ અને ૨૦ ઇંચ દુર W પૌંડનાં વજનો લટકાવવામાં આવે, તો તેનાં મધ્યમાં પહેલાંનાં જેટલુંજ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (વલનમાન) ઉત્પન્ન કરવા માટે W વજનોની કિંમત શોધો.

૪૯. એક ધડતર લોઢાંનો ટાઈ-બાર જેનો વ્યાસ $\frac{3}{4}$ ઇંચ છે તેનું મોડયુલસ ઓફ ઈલેસ્ટીસીટી (સ્થાપક પ્રમાણ) દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૨૮૦૦૦૦૦૦ પૌંડ છે, અને તેની લંબાઈ ૨૩ ઇંચ છે, તો કેટલા પૌંડનાં વજનથી તે ટાઈ-બાર ૦.૦૧૫ ઇંચ જેટલો લંબાશે તે શોધો. વળી દર ચો. ઇંચ દીઠ સ્ટ્રેસ (વૈકારિક જોમ) શોધો.

૫૦. સાધારણ લીફ્ટીંગ પમ્પનું તેના વાલ્વ સાથે આકૃતિ દોરી વર્ણન કરો. બકેટનું ક્ષેત્રફળ ૧૮ ચોરસ ઇંચ છે, લીવરેજનું પ્રમાણ ૬ : ૧ છે, અને પાણી બહાર નીકળવાનો માર્ગ કુવામાંનાં પાણીની સપાટીથી ૧૦ ફુટ ઉંચે છે, તો એવા પમ્પને ચલાવવા માટે પમ્પના હાથાને છેડે કેટલું જોર લાગુ પાડવું જોઈશે ? એક ઘનફુટ પાણીનું વજન ૬૨.૫ પૌંડ છે.

૫૧. એક સ્ટીમ હેમર (વરાળથી ચાલતા હથોડા)નાં સીલીન્ડરનો વ્યાસ ૧૦$\frac{1}{2}$ ઇંચ છે, અને સ્ટ્રોકની લંબાઈ ૨૪ ઇંચ છે. ચાલતા ભાગોનું વજન ૭ હંડ્રેડવેટ છે, અને હથોડાને નીચે જોરમાં લાવવા માટે કાર્ય કરતું વરાળનું દબાણ દર ચોરસ ઇંચ દીઠ ૪૦ પૌંડ છે, તો દર સ્ટ્રોક દીઠ હથોડો કેટલું કામ કરી શકશે તે શોધો.

૫૨. ઓક લાકડાંનો સમાન છેદચિત્રનો એક બીમ જે ૧૦ ફુટ લાંબો, ૧૫ ઇંચ ઉંડો, અને ૧૦ ઇંચ પહોળો છે તે પોતાનાં વજન ઉપરાંત મધ્યમાં મુકેલો ૫૦૦૦ પૌંડનો ભાર (લોડ) ખમી શકે છે, તો સૌથી વધુ બેન્ડીંગ મોમેન્ટ (વલનમાન) અને રેશાઓ ઉપર

આવતું સૌથી વધુ સ્ટ્રેસ (વૈકારિક જોમ) શોધો. ઓકનું વિશિષ્ટ ગુરૂત્વ = ૦.૯૩૪ છે.

૫૩. જો સ્ટીલના ટુકડાનું મોડયુલસ ઓફ ઈલેસ્ટીસીટી (સ્થાપક પ્રમાણ) દર ચો. ઇંચ દીઠ ૩૨૦૦૦૦૦૦ પૌંડ હોય, તો $\frac{3}{4}$ ઇંચ વ્યાસનો અને ૨૫ ઇંચ લાંબો સ્ટીલનો સળીયો ૧૦ ટનના ભાર (લોડ)થી કેટલો ખેંચાશે? જો તેની ઈલેસ્ટીક લીમીટ (સ્વગ્રહ સીમા) દર ચો. ઇંચ દીઠ ૨૧ ટન હોય, તો તેનું રીઝીલીએન્સ કેટલું હશે?

૫૪. એક ૪ ટનના હાઈડ્રોલીક લીફ્ટીંગ જેકમાં વજનને ઉપાડનારા રેમનો વ્યાસ ૨ ઇંચ છે, અને પમ્પના પ્લન્જરનો વ્યાસ ૧ ઇંચ છે. જેકને એક લીવર-હેન્ડલ વડે ચલાવવામાં આવે છે, અને લીવરેજનું પ્રમાણ ૧૬ : ૧ છે. જો આ જેકનું કાર્યસાધકત્વ ૮૦ ટકા હોય, તો ૨૫ હંડ્રેડવેટનું વજન ઉપાડવા માટે હાથાને છેડે કેટલું દબાણ લાગુ પાડવું જોઈશે?

જવાબો

એકસર્સાઇઝ ૧લી. પૃષ્ઠ ૨૩–૨૮.

૧. (अ) ૪૪ ફુટ; (ब) ૨૫·૩ ફુટ; (क) ૬·૩ ફુટ. ૨. દર સેકન્ડે ૩૮૪ ફુટ. ૩. ૧૩·૧૨૫ સેકન્ડ. ૪. ૫૭૬ ફુટ. ૫. ૧૨૯૬ ફુટ. ૬. ૩·૧ સેકન્ડ. ૭. ૧૨૯૬ ફુટ. ૮. ૧૬૦૦ ફુટ. ૯. ૧૧૨ ફુટ. ૧૦. ૪·૬૯ સેકન્ડ. ૧૧. ૦·૨૦૩ ફુટ દર સેકન્ડે એક સેકન્ડમાં. ૧૨. ૫૨૮૭·૩ પૌંડ–ફુટ–સેકન્ડ; ૧૭૬૨·૪ પૌંડ; ૧૭·૬ ફુટ. ૧૩. ૧·૫૬ પૌંડ. ૧૪. ૩૦૮૦ પૌંડ. ૧૫. ૦·૦૮૪ ફુટ દર સેકન્ડે એક સેકન્ડમાં. ૧૬. ૨૮૧૨·૫ પૌંડ. ૧૭. ૪૮૦ ગોળીઓ. ૧૮. ૩૮૦૪૭·૮ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ. ૧૯. ૩૩૬૫ પૌંડ. ૨૦. ૯૩૭·૫ પૌંડ. ૨૧. ૧૬૪૬૪૦ પૌંડ. ૨૨. દર કલાકે ૩૨·૫૯ માઇલ. ૨૩. ૬ સેકન્ડ. ૨૪. દર સેકન્ડે ૧૪ ફુટ. ૨૫. ૨૨·૫ સેકન્ડ. ૨૬. ૦·૧૦૩૨ ફુટ દર સેકન્ડે દરેક સેકન્ડમાં; ૧૫·૯૧૯ માઇલ દર કલાકે. ૨૭. ૨૫૭·૧૪ પૌંડ. ૨૮. ૮·૯૩ ફુટ દર સેકન્ડે; ૧૯૫૩૧૨·૫ પૌંડ. ૨૯. ૪૧૦·૬ પૌંડ. ૩૦. ૬·૨૫ પૌંડ. ૩૧. ૭૫ પૌંડ.

એકસર્સાઇઝ ૨જી. પૃષ્ઠ ૫૪–૬૧.

૧. ૨૦૦૦ ફુટ–પૌંડ; ૫૦·૬ ફુટ દર સેકન્ડે; ૨૦૦૦ ફુટ–પૌંડ. ૨. ૧૧૭·૧૯ ફુટ–પૌંડ. ૩. ૪૦૧૧૧·૧ ફુટ–ટન. ૪. ૧૬૦૦ ફુટ–પૌંડ. ૫. ૨ : ૧. ૬. ૧૦૮૬૪૦ પૌંડ. ૭. ૧૨૫૦૦ ફુટ–પૌંડ. ૮. ૧૦૨૮·૯ ફુટ–ટન. ૯. ૩૨૦૦ ફુટ–પૌંડ. ૧૦. ૧૫૬૮૦ ફુટ–પૌંડ. ૧૧. ૨૩·૦૯ ફુટ દર સેકન્ડે. ૧૨. ૧·૮ ફુટ દર સેકન્ડે. ૧૩. ૫૦૦ ફુટ. ૧૪. ૧૧૭૦૦૦૦ ફુટ–પૌંડ. ૧૫. ૧૧૨૦૦ ફુટ–પૌંડ; ૧૭·૮ ફુટ દર સેકન્ડે. ૧૬. ૩૮·૪૩ પૌંડ દર ટન દીઠ; ૪૬૨·૮ વાર; ૨૯૪૭·૬૫ વાર. ૧૭. ૫૬૦૦૦ ફુટ–પૌંડ; ૫૩·૬૬ ફુટ દર સેકન્ડે. ૧૮. ૧૧૭·૧૮ પૌંડ. ૧૯. ૬૩·૭ પૌંડ. ૨૦. ૩૩૭૫૦ પૌંડ.

૨૧. ૧૦૦૮૩·૩ ફુટ. ૨૨. ૧૪૩૮૨૯·૭ ફુટ–પૌંડ ૨૩. ૨૫૪·૬૨૫ ટન. ૨૪. ૧૬·૨૭ ફુટ. ૨૫. (૧) ૪૦૮·૩૭ ફુટ–ટન; (૨) બમણી; (૩) ચારગણું; (૪) ચારગણું. ૨૬. ૯·૪ હો. પા. ૨૭. ૯૬૨૫૦ ફુટ–પૌંડ; ૩૨૭૨૫૦ પૌંડ. ૨૮. ૭૯·૩ આંટા; ૦·૨૭. ૨૯. ૦·૪૮ ઇંચ. ૩૦. ૧૬૮૯૬૫·૫ ફુટ–પૌંડ. ૩૧. ૫૦૬૨૫ પૌંડ. ૩૨. ૧૨૩·૫ ફુટ. ૩૩. ૦·૭ ઇંચ વ્યાસ. ૩૪. ૧૫૧૨૦૦૦ પૌંડ. ૩૫. ૬૨૨૨૮૫·૭ ફુટ–પૌંડ; ૨૪૮·૯ આંટા. ૩૬. ૫૪૧૮૦૦ પૌંડ; ૧૨૯૨૯·૩ પૌંડ દર ચો. ઈં. દીઠ. ૩૭. ૧૦૮·૭૫ ફુટ દર સેકન્ડે; ૫૪૩૭·૫ વેગમાનના એકમ; ૯૨૪૦ ફુટ–પૌંડ. ૩૮. દરેક બાબતમાં કાઇનેટીક એનર્જી સરખી છે; ૨૭·૬ ટન. ૩૯. ૧૬·૩૬ માઇલ દર કલાકે. ૪૦. ૭૨૧૨·૫ ફુટ–પૌંડ; ૧·૭૪ ફુટ; ૪૧૪૫·૧ પૌંડ. ૪૧. ૫૧૨ પૌંડ. ૪૨. ૨૩૧·૨ વાર; ૪૨૭·૦૫ વાર.

એકસર્સાઇઝ ૩જી. પૃષ્ઠ ૭૮–૮૧.

૧. ૧૨૯૬૪૨·૮ પૌંડ. ૨. ૧૬૧·૩ પૌંડ. ૩. દર સેકન્ડે ૩૨ ફુટ. ૪. ૩૮૧·૧૫ પૌંડ. ૫. ૧૧·૧ પૌંડ. ૬. ૬૫૮·૫ પૌંડ. ૭. ૪૬૩·૦૧ પૌંડ. ૮. ૧·૭ ટન. ૯. ૧૭૭૭૯·૪ પૌંડ. ૧૦. ૩૬·૭૩ પૌંડ. ૧૧. ૩૨૯૨·૫ પૌંડ. ૧૨. ૨૬૭૯·૪ પૌંડ. ૧૩. ૧૨ પૌંડ. ૧૪. ૭૬૨ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ; ૨૨૪·૫ આંટા દર મીનીટે. ૧૫. ૨૫૦૦ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૧૬. ૧૫૨ આંટા દર મીનીટે. ૧૭. દર ફુટ પહોળાઈ દીઠ ૧૨·૧ ઇંચ ઉંચાઈ. ૧૮. ૪૫૪·૩ ફુટ દર સેકન્ડે. ૧૯. ૧૨૪૩·૪ પૌંડ. ૨૦. ૭૧૮૬·૬ પૌંડ; ૨·૫ ઇંચ. ૨૧. ૮·૦૬૮ ઇંચનો ઢાળ દર ફુટ પહોળાઈ દીઠ; લગભગ ૩૪ ઔંસ; દર ટન દીઠ ૧૫૦૫·૮ પૌંડ.

એકસર્સાઇઝ ૪થી. પૃષ્ઠ ૧૦૬–૧૦૮.

૧૪. ૦·૨૫ ઇંચ.

એકસરસાઈઝ ૫મી. પૃષ્ઠ ૧૪૨–૧૪૮.

૧. ૨·૭ ટન દર ચો. ઈ. દીઠ; ૧૨·૫ ટન. ૨. ૧·૭૮ ઈંચ. ૩. ૮૬·૭ ટન. ૪. સ્ટ્રેસ = ૧૨·૨ ટન દર ચો. ઈ. દીઠ; સ્ટ્રેન = ૦·૦૦૧૫૬; E = ૭૮૧૯·૬ ટન દર ચો. ઈ. દીઠ. ૫. ૧૪ ફુટ ૧૧·૬૪ ઇંચ. ૬. ૨૨·૨૮ ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૭. ૨૪ ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૮. ૦·૦૦૦૪૧૬; E = ૨૮૮૦૦૦૦૦ પૈાંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૯. ૦·૬૧૮ ઇંચ. ૧૦. ૦·૦૫૫૬ ઇંચ. ૧૧. ૨·૬૭ પૈાંડ. ૧૨. ૧૦૦૬૯·૪ પૈાંડ. ૧૩. સ્ટ્રેસ = ૫૬૫૬·૫૬ પૈાંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ; સ્ટ્રેન = ૦·૦૦૦૨૮; E = ૧૯૭૯૭૯૭૯·૭૯ પૈાંડ દર ચો. ઈ. દીઠ. ૧૪. ૩૭·૭ પૈાંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૧૫. ૧·૬૪ ઇંચ. ૧૬. ૫૬·૮ પૈાંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૧૭. ૪૮$\frac{૧}{૨}$ ટન દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૧૮. ૧૫૨૪·૪ પૈાંડ દર ચો. ઈ. દીઠ. ૧૯. ૬·૧ ટન દર ચો. ઈ. દીઠ; ૦·૦૦૦૪૫૬; ૦·૦૪૬૫. ૨૦. ૦·૪૭૬ ઇંચ. ૨૧. ૭૮૧૨૫ પૈાંડ. ૨૨. ૯૮૨૧·૪ પૈાંડ. ૨૩. ૧·૨૬ ઇંચ ચોરસ. ૨૪. ૦·૦૨૧ ઇંચ. ૨૫. સ્ટ્રેસ=૧૨૦૦૦ પૈાંડ દર ચો. ઈ દીઠ; સ્ટ્રેન= ૦·૦૦૦૮૯; E=૧૩૪૪૦૦૦૦ પૈાંડ દર ચો. ઈ. દીઠ. ૨૬. ૦·૦૦૦૪૧૭; ૧૩૨૦૦૦૦૦ પૈાંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૨૭. ૧૬૦૦ પૈાંડ દર ચો. ઈ. દીઠ; ૦·૦૦૮૫ ઇંચ. ૨૮. ૧·૩૪ ચો. ઇંચ. ૨૯. ૬૭૩૭·૫ પૈાંડ; ૧૧૨૦૦ પૈાંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૩૦. ૧૧૯૪૬·૬ પૈાંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ; ૦·૦૦૧; ૧૧૯૬૮૮૦૦ પૈાંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૩૧. ૪૮૦૦ પૈાંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ; ૦·૦૦૦૨; ૨૩૦૪૦૦૦૦ પૈાંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૩૨. ૦·૦૦૭૩ ઇંચ; ૧૨૪૦·૬ ઇંચ–પૈાંડ. ૩૩. ૬૬૩૦ પૈાંડ દર ચો. ઈ. દીઠ; ૦·૦૯૫ ઇંચ. ૩૪. (૧) ૬૫૧૬૩·૬ પૈાંડ દર ચો. ઈ. દીઠ; (૨) ૧·૫ ઇંચ; (૩) ૦·૦૦૨૧૭; (૪) ૨૬·૦૭ ઇંચ–પૈાંડ. ૩૫. (૧) ૬૩૬૧૭·૪ પૈાંડ; (૨) ૦·૦૨૧૬ ઇંચ. ૩૬. ૭૧૪·૩ ફુટ; ૦·૩૮ ઇંચ. ૩૭. $\frac{૧}{૪}$ ફુટ–પૈાંડ. ૩૮. ૨૨૮૧૨·૫ પૈાંડ દર ચો. ઈ. દીઠ; ૦·૦૭૩ ઇંચ.

એક્સસાઇઝ ૬ઠી. પૃષ્ઠ ૧૯૪–૨૦૩.

૧. ૩૩૬૦ પૌંડ દર ચો ઇં દીઠ; ૬૭૨૦ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ. ૨. ૨૦·૬૨૫ ટન; ૧૦૫ ટન દર ચો. ઇં. દીઠ. ૩. ૦·૯૪૮ ઇંચ; ૨·૭૫૮ ઇં. ૪. ૦·૯ ઇંચ; ૪·૬૬ ઇંચ. ૫. ૧·૫૩ ઇંચ; ૪૨ ૮ ટકા. ૬. ૪૫·૪ ટકા; ૩૫ ટન દર ચો. ઇ. દીઠ. ૭. ૩$\frac{1}{8}$ ઇંચ પીચ; Et = ૭૧·૭ ટકા; Es = ૭૧·૭ ટકા; ૨૩·૬૧ ટન દર ચો. ઇં. દીઠ. ૮. ૬૭·૫ ટકા. ૯. ૩·૮ ઇંચ; ૭૫·૩ ટકા. ૧૦. ૬૪·૪૫ ટકા. ૧૧. ૨·૭૩ ટન; ૩·૯૧ પૌંડ. ૧૨. વજનનું પ્રમાણ ૧ : ૪; જોરેાનું પ્રમાણ ૧ : ૮; ૧૦·૫૬ પૌંડ; ૪૨·૨૪ પૌંડ. ૧૩. ૩·૩૭૫ : ૧૫·૬૨૫ : ૨૭. ૧૪. ૮૦૦ ફુટ–પૌંડ; ૬૪૦૦ ફુટ–પૌંડ; ૫૧૨૦૦ ફુટ–પૌંડ. ૧૫. ૧૪૪૦૦ પૌંડ. ૧૬. ૧૬૨૦૦ ઇંચ–પૌંડ; ૮૪૮૫૭૧·૪૩ ફુટ–પૌંડ. ૧૭. ૨૨૭૮૧ પૌંડ–ઇંચ; ૫૪·૨૪ હો. પા. ૧૮. ૧૨૯૬૦ પૌંડ. ૧૯. ૧૮·૭૫ હો. પા.; ૩૧·૨૫ હો. પા. ૨૦. ૨૨૫ આંટા. ૨૧. ૧૪૪ હો. પા. ૨૨. ૧૩૬૬૮૭૫ પૌંડ–ઇંચ; ૩૮૦·૯ હો. પા.; ૧૦૮૪·૪ હો. પા. ૨૩. ૪૨·૮ હો. પા.; ૨૫૭·૨૫ હો. પા. ૨૪. ૨૩·૮ હો. પા. ૨૫. ૫૦·૭૯ હો. પા. ૨૬. ૩·૫ ઇંચ. ૨૭. જોરનું પ્રમાણ ૫૧૨ : ૪૩૩·૮૭; વજનનું પ્રમાણ ૧૦૦ : ૬૦·૯૩. ૨૮. ૨·૧૬ ઇંચ. ૨૯. ૨·૭૫ ઇંચ. ૩૦. ૬·૦૩ ઇંચ. ૩૧. ૨૪૧·૮૧ ઇંચ–ટન. ૩૨. ૧·૭ ઇંચ. ૩૩. ૧૨૮ હો. પા. ૩૪. ૧૨૦૩૦ પૌંડ; ૫૭૨·૮૫ હો. પા. ૩૫. ૧૨૬૦૦ ઇંચ–પૌંડ. ૩૬. ૪·૪ ઇંચ. ૩૭. ૧·૪૨ ઇંચ. ૩૮. ૧·૬ ઇંચ. ૩૯. ૮·૩૨ ઇંચ; ૧·૦૪ : ૧. ૪૦. ૮૪·૬૭૨ હો. પા. ૪૧. ૧ : ૧·૦૦૩; ૧·૮ : ૧. ૪૨. ૮૮૧૮·૩૪ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ. ૪૩. નક્કર શાફ્ટનો વ્યાસ = ૧૭·૪ ઇંચ; પોકળ શાફ્ટનો બહારનો વ્યાસ = ૧૮·૭૬ ઇંચ અને અંદરનો વ્યાસ = ૧૨·૫૦૬ ઇંચ. ૪૪. ૨૯૪૧ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ. ૪૫. ૩·૪ ઇંચ. ૪૬. ૪૮૫૩·૩

હો. પા.; ૧૯૬૪·૩૬ પૌંડ દર ચો. ઈં. દીઠ. ૪૭. ૬૦૦૨·૬ પૌંડ દર ચો. ઈં. દીઠ. ૪૮. ૩૧૧૯૫૩ ઇંચ–પૌંડ; ૩૫·૭ હો. પા.; ૧૨૧·૨ આંટા. ૪૯. ૧૩૧·૪ હો. પા. ૫૦. ૧૪·૩૯ ઈંચ. ૫૧. ૦·૭૧૪; ૫૦ ટકા. ૫૨. ૮·૫૨ ઇંચ; ૧ : ૧·૦૫૭. ૫૩. ૩૫૩૦૦ પૌંડ–ફુટ. ૫૪. ૧·૮૯ ઈંચ. ૫૫. ૫૦૯૦ ટન–ઈંચ. ૫૬. ૪૩૨૦ ટન–ઈંચ; ૧ : ૧·૧૭૯. ૫૭. ૧૬૨૪૦ પૌંડ–ઇંચ. ૫૮. ૧૫૯·૭ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ.

એકસર્સાઈઝ ૭મી. પૃષ્ઠ ૨૫૦–૨૫૮.

૧. (૧) ૧૨૫ પૌંડ; (૨) ૨૫૦ પૌંડ; (૩) ૫૦૦ પૌંડ; (૪) ૧૦૦૦ પૌંડ; (૫) ૧૦૦૦ પૌંડ; (૬) ૧૫૦૦ પૌંડ. ૨. ૩૭·૫ ફુટ–ટન; ૧૬·૮ ફુટ–ટન. ૩. પહેલાં વજન આગળ B. M. ૧૮ ફુટ–ટન; બીજાં આગળ ૯ ફુટ–ટન; ત્રીજાં આગળ ૩ ફુટ–ટન; ચોથાં આગળ ૦; સૌથી વધુ B. M. ૧૮ ફુટ–ટન. ૪. મધ્ય આગળનું B. M. ૧૫ ટન–ફુટ; દરેક ૧ ટનનાં વજન આગળનું B. M. ૧૦ ટન–ફુટ. ૫. ૨ હં. આગળનું B. M. ૧૮૨૯·૩ ફુટ–પૌંડ; ૬ હં. આગળનું B. M. ૭૯૧૪·૬ ફુટ–પૌંડ; ૪ હં. આગળનું B. M. ૫૯૭૩·૩ ફુટ–પૌંડ; ૧૦ હં. આગળનું B. M. ૬૧૯૭·૩ ફુટ–પૌંડ. ૬. મધ્ય આગળનું B. M. ૩૦૦૦ પૌંડ–ફુટ; દરેક છેડાથી ૩ ફુટ આગળનું B. M. ૨૭૦૦ પૌંડ–ફુટ. ૭. ૩ ફુટ આગળનું B. M. ૫ ટન–ફુટ; ૧૦ ફુટ–આગળનું B. M. ૮·૯ ટન–ફુટ; ૧૫ ફુટ આગળનું B. M. ૫ ટન–ફુટ; સૌથી વધુ B. M. મધ્ય આગળ ૯ ટન–ફુટ. ૮. ૧૫ ટન–ફુટ. ૯. મધ્ય આગળનું B. M. ૫ ટન–ફુટ; છેડા આગળનું B. M. ૧૦ ટન–ફુટ; સૌથી વધુ B. M. છેડા આગળ ૧૦ ટન–ફુટ. ૧૦. ૧·૫ : ૧. ૧૧. બીજો બીમ વધુ વજન ખમી શકશે; ૬⅔ ટન. ૧૨. ૧૦ ઈંચ. ૧૩. ૪·૨૬ ઇંચ. ૧૪. ૧૦·૬ ઇંચ. ૧૫. ૨૧·૨ ઇંચ. ૧૬. ૧૪·૧૧ ઈંચ. ૧૭. ૩૭·૫ ફુટ. ૧૮. ૧૦૯૩૭·૫ પૌંડ.

૧૯. ૬·૩ ઇંચ. ૨૦. ૧૮·૫ ફુટ. ૨૧. ૧૬૫૯૨·૫ પૌંડ. ૨૨. ૫·૪ ટન. ૨૩. ૩·૧ ટન. ૨૪. ૬ ઇંચ; ૮·૪ ઇંચ. ૨૫. ૫૦૦ પૌંડ. ૨૬. ૪·૩૯ ટન દર ચો. ઇં. દીઠ. ૨૭. ૪·૫૯ ટન દર ચો. ઇં. દીઠ. ૨૮. ૨·૨ ઇંચ. ૨૯. ૭૧૪૫·૮૩ પૌંડ. ૩૦. ૫·૬ ઇંચ. ૩૧. ૧૦·૨૪ ઇંચ. ૩૨. ૧૩·૪ ટકા. ૩૩. ૩·૩ ટન. ૩૪. ૨·૮૭૫ ટન. ૩૫. ૨·૧૬૧ ટન. ૩૬. ૭·૩૭૫ ટન; ૨·૧૨૫ ટન; ૪૦·૬૨૫ ટન–ફુટ; ૨·૭૦૮ ચો. ઇં. ૩૭. ૨૧૮૭·૫ પૌંડ. ૩૮. ૪·૯ ઇંચ; ૧૦·૪૨૫૮ ટન. ૩૯. ૨૮૦ પૌંડ. ૪૦. ૬૬·૨ ફુટ.

એકસર્સાઇઝ ૮મી. પૃષ્ઠ ૨૯૨–૨૯૯.

૧. ૭૪૯ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ. ૨. ૧૭·૩૨ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ. ૩. ૩૦૦૬·૬૦૯ પૌંડ. ૪. ૯·૪૫ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ; ૦·૫૧ પૌંડ. ૫. ૫૧·૯૬ પૌંડ દર ચો. ઇંચ દીઠ; ૩૪૬·૪૨ ફુટ. ૬. ૮૪૧૮·૫ પૌંડ; ૬૭૩૪·૮ પૌંડ. ૭. ૧૫૦૦૦ પૌંડ; ૫૦૦૦ પૌંડ; ૩૦૦૦ પૌંડ. ૮. ૧૫૩૬૦ પૌંડ; ૫૧૨૦ પૌંડ; ૩૦૭૨ પૌંડ. ૯. ૧૭૬૭૧·૫ પૌંડ. ૧૦. ૪ ટન; ૨ ટન. ૧૧. ૧૨૦૦૦ પૌંડ. ૧૨. ૨૫૦૦૦ પૌંડ; ૧૬૦૦૦ પૌંડ; ૧૦૦૦૦ પૌંડ; ૧૭૫૦૦ પૌંડ; ૧૦૦૦૦ પૌંડ; ૬૨૫૦ પૌંડ. ૧૩. ૭૪૫·૫ પૌંડ. ૧૪. ૧૮૦૦૦ પૌંડ; દરેક ઢળતી બાજુ ઉપર ૧૬૮૭૫ પૌંડ; છેડાની દરેક ઉભી બાજુ ઉપર ૭૮૭૫ પૌંડ. ૧૫. ૫૦૦ પૌંડ; ૨૫૦ પૌંડ. ૧૬. ૩·૯૬૮ ફુટ; ૬૨૦૦ પૌંડ; ૨૪૬૦·૧૬ પૌંડ. ૧૭. ૧૩૫૦૦ પૌંડ; દરેક બાજુ ઉપર ૬૭૫૦ પૌંડ. ૧૮. ૧૧૫·૪૭ ફુટ. ૧૯. મથાળાં ઉપર ૨૪૦૦૦ પૌંડ; તળીયાં ઉપર ૪૨૦૦૦ પૌંડ; લંબાઈની દરેક બાજુ ઉપર ૩૩૦૦૦ પૌંડ; પહોળાઇની દરેક બાજુ ઉપર ૧૬૫૦૦ પૌંડ. ૨૦. તળીયાં ઉપર ૫૬૨૫ પૌંડ; સીધી ધારોવાળી મોટી બાજુ ઉપર ૪૫૦૦ પૌંડ; સીધી ધારોવાળી નાની બાજુ ઉપર ૧૧૨૫ પૌંડ; નીચલી ત્રાંસી ધારવાળી દરેક બાજુ ઉપર ૨૬૨૫ પૌંડ. ૨૧. ૬૨૮૩·૨ પૌંડ; ૨૫૧૩૨·૮ પૌંડ.

૨૨. ૩૫૩૪૩ પૈાંડ. ૨૩. ૪૫૦૦ પૈાંડ. ૨૪. ૮૪૦૦૦૦ પૈાંડ. ૨૫. ૪૮૦૦ પૈાંડ. ૨૬. ૬૦·૧૮ પૈાંડ. ૨૭. ૬૬૨૬·૮૧૨૫ પૈાંડ. ૨૮. ૮૬૪૦૦ પૈાંડ; ૨૪૫૭૬ પૈાંડ દબાણ ઓછું થશે. ૨૯. વર્તુલનાં મધ્યબિંદુ આગળ; પાણીની સપાટીથી ૬ ફુટ નીચે. ૩૦. તેલનું વજન ૬૭૫૯·૩૪૮ પૈાંડ; વાંકવાળી સપાટી ઉપરનું દબાણ ૧૧૨૬૫·૫૮ પૈાંડ; વાંકવાળી સપાટી ઉપરનું દબાણ ૨૨૫૩૧·૧૬ પૈાંડ; તળીયાં ઉપરનું દબાણ ૨૦૨૭૮·૦૪૬ પૈાંડ. ૩૧. ૮૧૦૦૦૦ પૈાંડ; ૩૨૪૦૦૦૦ ફુટ–પૈાંડ. ૩૨. ૪૨·૮૫૭ ફુટ. ૩૩. ૨ ઇંચ; લંબાઇની દરેક બાજુ ઉપર દબાણ ૫૦૦૫·૨ પૈાંડ; પહેાળાઇની દરેક બાજુ ઉપર દબાણ ૩૩૩૬·૮ પૈાંડ. ૩૪. ૧૧૪૮·૪૩૭૫ પૈાંડ. ૩૫. ૭૮૧૨૫ પૈાંડ; પુસ્તાની ઉપલી ધારથી ૩૩·૩ ફુટ નીચે. ૩૬. ૨૫·૬૧૨ પૈાંડ. ૩૭. ૯૩૬૯·૫ પૈાંડ; ૪·૦૭ ફુટ. ૩૮. ૯૦ પૈાંડ. ૩૯. ૧૨૦૦ પૈાંડ; ૪૦૦ પૈાંડ; ૩૦૦ પૈાંડ. ૪૦. ૧૫૦૦૦ પૈાંડ; ૧૫૯૧૦ પૈાંડ; ૯૦૦૦ પૈાંડ. ૪૧. ૫૩૫·૭૧૪ ટન; ૩૦·૮૫૭ ટન; ૫૦૪·૮૫૭ ટન. ૪૨. ૧૬૫૦૦ પૈાંડ. ૪૩. ૪૩૪·૩૬ ટન. ૪૪. ૧૨૦૫·૩૪ ટન; ૮·૭૮૯ ફુટ. ૪૫. ૭·૧.

એકસસાઇઝ ૯મી. પૃષ્ઠ ૩૩૩–૩૩૫.

૧. ૩૨·૮૧૭ ફુટ; ૩૨·૦૦૪ ફુટ. ૨. ૧ ઇંચ; ૦·૦૩૬ પૈાંડ દર ચો. ઇ. દીઠ. ૩. ૦·૧૪૭ પૈાંડ દર ચો. ઇ. દીઠ. ૪. ૨૪૯·૯૫ પૈાંડ દર ચો. ઇ. દીઠ. ૫. ૭૪·૬૫ ટકા; ૪૩·૩ પૈાંડ દર ચો. ઇ. દીઠ વાતાવરણ ઉપરાંત. ૬. ૪૫ પૈાંડ. ૭. (अ) (૧) ૧૭·૪૫ પૈાંડ; (૨) ૨૪·૯૩ પૈાંડ; (ब) (૧) ૩૪·૯ પૈાંડ; (૨) ૪૯·૮૬ પૈાંડ; (क) ૩૭·૩૯ ફુટ–પૈાંડ; ૨૬·૧૭ ફુટ–પૈાંડ. ૮. ૨૬·૦૪ પૈાંડ. ૯. ૧૨·૪ હેા. પા.; ૧૬·૫૩ હેા. પા. ૧૦. (૧) ૧૩૦·૨૮ પૈાંડ દર ચો. ઇ. દીઠ; (૨) ૭૩૬·૩૧ પૈાંડ; (૩) ૯·૫૬ હેા. પા. ૧૧. ૨૫૯૭ હેા. પા. ૧૨. ૨૨·૦૯ ઘ. ફુટ; ૩·૩૪ હેા. પા.

એકસસાઇઝ ૧૦મી. પૃષ્ઠ ૩૭૮–૩૮૬.

૧. ૩૦૦૦ પૌંડ; ૨૫ ફુટ; ૩૦૦૦ ફુટ–પૌંડ. ૨. ૬૨·૨ પૌંડ; ૧½ ઇંચ. ૩. ૩૩૯૨·૯૨૮ પૌંડ. ૪. ૧·૦૬૯ ઇંચ. ૫. ૭૨૦ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ. ૬. ૨૫૬૦ પૌંડ. ૭. ૧૬૦ પૌંડ. ૮. ૧૯·૪ પૌંડ; ૧૨ ફુટ. ૯. ૩·૫૯ ઘ. ફુટ. ૧૦. ૨૦ ઇંચ. ૧૧. ૧ : ૧૨. ૧૨. ૧૩૦·૯ હો. પા.; ૧ આ. ૮·૬૨૫ પાઇ. ૧૨. ૧૩૦·૯ હો. પા.; ૧ આ. ૮·૬૨૫ પાઇ. ૧૩. d : D :: ૧ : ૪·૩૨. ૧૪. ૧૩·૩ ટન. ૧૫. L : l :: ૨૨·૪ : ૧. ૧૬. ૩૪૧·૩ : ૧; ૨૮૦; ૮૨ ટકા. ૧૭. ૧૫૮૯૦૦ પૌંડ. ૧૮. ૩૯·૬૧ પૌંડ. ૧૯. ૫૨·૨૪. ૨૦. ૫૦૦ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ; ૧૧૫૨ ફુટ. ૨૧. ૧૨·૮૯ ઇંચ. ૨૨. ૨૦૧૬૦૦ ફુટ–પૌંડ; ૧૦૭૫૦૦ ફુટ–પૌંડ. ૨૩. ૧¾ ટન. ૨૪. ૭૧૬૮ પૌંડ. ૨૫. ૬૫૯૭૩૬ ફુટ–પૌંડ; ૪·૯૯૮ મીનીટ. ૨૬. ૩૧·૧ પૌંડ. ૨૭. ૯૨૭ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ; ૪૩૬૮૦૦૦ ફુટ–પૌંડ. ૨૮. ૩·૨ હો. પા ; ૬૭ ટકા. ૨૯. ૨૦૫·૭ ટન. ૩૦. ૩·૧૧૪ ઇંચ. ૩૧. ૬·૬૨૯ ફુટ. ૩૨. ૧૮·૮૫ ટન; ૧૯·૮ ટન. ૩૩. ૬·૪ ચો. ઇંચ; ૧૯·૬૪૩ ઘનફુટ. ૩૪. ૧૨·૩૨ હો. પા. ૩૫. ૧૪·૭૬ ઇંચ. ૩૬. (૧) ૧૧૩૯ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ; (૨) ૧૦૪૦ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ. ૩૭. ૪૦·૨૪ ટન; ૬૬·૨૨ હો. પા. ૩૮. ૧૯·૮૪ પૌંડ; ૧૦૧·૦૧ ટન. ૩૯. ૩૨·૯ ઇંચ. ૪૦. ૫૩·૪ ટકા. ૪૧. ૩૯૬૯·૭૨૫ પૌંડ; ૯·૬૬ ગેલન. ૪૨. ૬·૦૬ ઘનફુટ; ૧૩ ઇંચ.

મીકેનીકલ એન્જનીયરીંગનાં ત્રીજાં વર્ષની વાર્ષિક પરિક્ષામાં પુછાયલા અને બીજા પરચુરણ દાખલાઓ. પૃ. ૩૮૭–૩૯૮.

૧. ૫૪૭૫ ફુટ–પૌંડ; ૩૨૮૫૦ પૌંડ. ૨. ૧૪૧૭૫૦ ફુટ–પૌંડ; દર સેકન્ડે ૧૦·૨ ફુટ. ૩. ૮૮ ટકા ૪. ૧૫૦૦ પૌંડ. ૫. ૨૭૬૫·૭ આંટા. ૬. ૭૮૩·૯૯ હો. પા. ૭. ૧૪૨૦·૯ પૌંડ; ૧૬૩૯·૧ પૌંડ; ૧૨૭૮૮·૧ ફુટ–પૌંડ. ૯. ૪૫૩૬૦ પૌંડ. ૧૦. ૪૮૧૮·૪ પૌંડ; ૧·૭

ઇંચ. **૧૨.** પહેલાં વજન આગળનું B. M. = ૩૩૦૦૦ ફુટ–પૌંડ; બીજાં વજન આગળનું B. M. = ૧૮૦૦૦ ફુટ–પૌંડ; ત્રીજાં આગળનું B. M. = ૯૦૦૦ ફુટ–પૌંડ; ચોથાં આગળનું B. M.=૩૦૦૦ ફુ–પૌંડ; પાંચમાં આગળનું B. M. = ૦ ફુટ–પૌંડ; સૌથી વધુ B. M. = ૪૫૦૦૦ ફુટ–પૌંડ. **૧૩.** ૩૫૦૧·૮ ફુટ. **૧૫.** ૩૧૨૫૦ પૌંડ–ઇંચ; ૩૨·૬ હો. પા. **૧૬.** ૨૪૦૦·૮ પૌંડ; ૫૭૬૦·૮ પૌંડ; ૯૬૦·૮ પૌંડ. **૧૭.** ૧૦૯·૦૯ પૌંડ. **૧૮.** ૮૦૭૦·૬ પૌંડ; ૧૮૨૬૦·૮ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ. **૧૯.** ૪·૨ ઇંચ. **૨૨.** પહેલાં વજન આગળ B. M. = ૯ ફુટ–ટન; બીજાં આગળ B. M. = ૪·૫ ફુટ–ટન; ત્રીજાં આગળ B. M. = ૧·૫ ફુટ–ટન; ચોથાં આગળ B. M. = ૦ ફુટ–ટન; સૌથી વધુ B. M. = ૧૫ ફુટ–ટન. **૨૩.** ૧૦·૧૫ હો. પા.; ૧·૩ ઇંચ. **૨૪.** ૨૬૫૩૩·૩ પૌંડ. **૨૭.** ૫૩૧૦૧૭·૧ ફુટ–પૌંડ; ૨૮૧·૬ ફુટ–પૌંડ; ૧૮૮૫·૭ આંટા. **૨૮.** બીજો બીમ; ૫·૬૨ ટન. **૨૯.** ૨૫૬૦૮·૪ પૌંડ. **૩૦.** સ્ટ્રેન = ૦·૦૦૧૬; સ્ટ્રેસ = ૨૧·૬૬ ટન દર ચો. ઇં. દીઠ; ભાર = ૧૦૬·૩૯ ટન. **૩૧.** ૬·૧૯ ફુટ; તળીયાં ઉપર ૯૦૦૦ પૌંડ; બાજુ ઉપર ૮૩૫૪·૮ પૌંડ; છેડા ઉપર ૩૯૭૮·૪૭ પૌંડ. **૩૨.** ૫૪૯૭૮ પૌંડ; ૪૩૯૮૨૪ ફુટ–પૌંડ; ૨૭૨·૮ પૌંડ. **૩૩.** ૩૯૦૬·૨૫ પૌંડ. **૩૪.** ૧૭૩·૫ ફુટ. **૩૫.** ૫૫·૨ : ૧૨·૦૯ અથવા ૪·૫૬ : ૧. **૩૬.** ૨૬૭૯·૪ પૌંડ. **૩૭.** ૧૪૦ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ; ૩૨૩·૧૨ ફુટ. **૩૮.** ૦·૭૪૬ ચો. ઇંચ. **૩૯.** ૧ : ૧·૪૨; ૨૭·૭ ટન. **૪૧.** ૧·૧૨૨ ઇંચ. **૪૨.** ૩૫૪·૫૨ આંટા. **૪૪.** ૩૫·૩૪ ટન; ૨૮૨·૭૨ ફુટ–ટન. **૪૫.** ૧૧૨૧૭·૭ પૌંડ દર ચો. ઇં. દીઠ; ૧૧૦૦૦ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ. **૪૬.** ૩૯૧·૨૧ ઇંચ–પૌંડ. **૪૭.** ૧૮૦૦૦ પૌંડ. **૪૮.** ૧૯·૫ પૌંડ. **૪૯.** ૮૦૩૪·૮ પૌંડ; ૧૮૨૬૦·૮૭ પૌંડ દર ચો. ઇ દીઠ. **૫૦.** ૨૦·૮૩ પૌંડ. **૫૧.** ૮૪૯૮ ફુટ–પૌંડ. **૫૨.** ૧૫૯૧૨૦ ઇંચ–પૌંડ; ૪૨૪·૩૬ પૌંડ દર ચો. ઇ. દીઠ. **૫૩.** ૦·૦૩૯ ઇંચ; ૩૮૧·૮૩ ઇંચ–પૌંડ. **૫૪.** ૫૪·૬ પૌંડ.

અનુક્રમણિકા